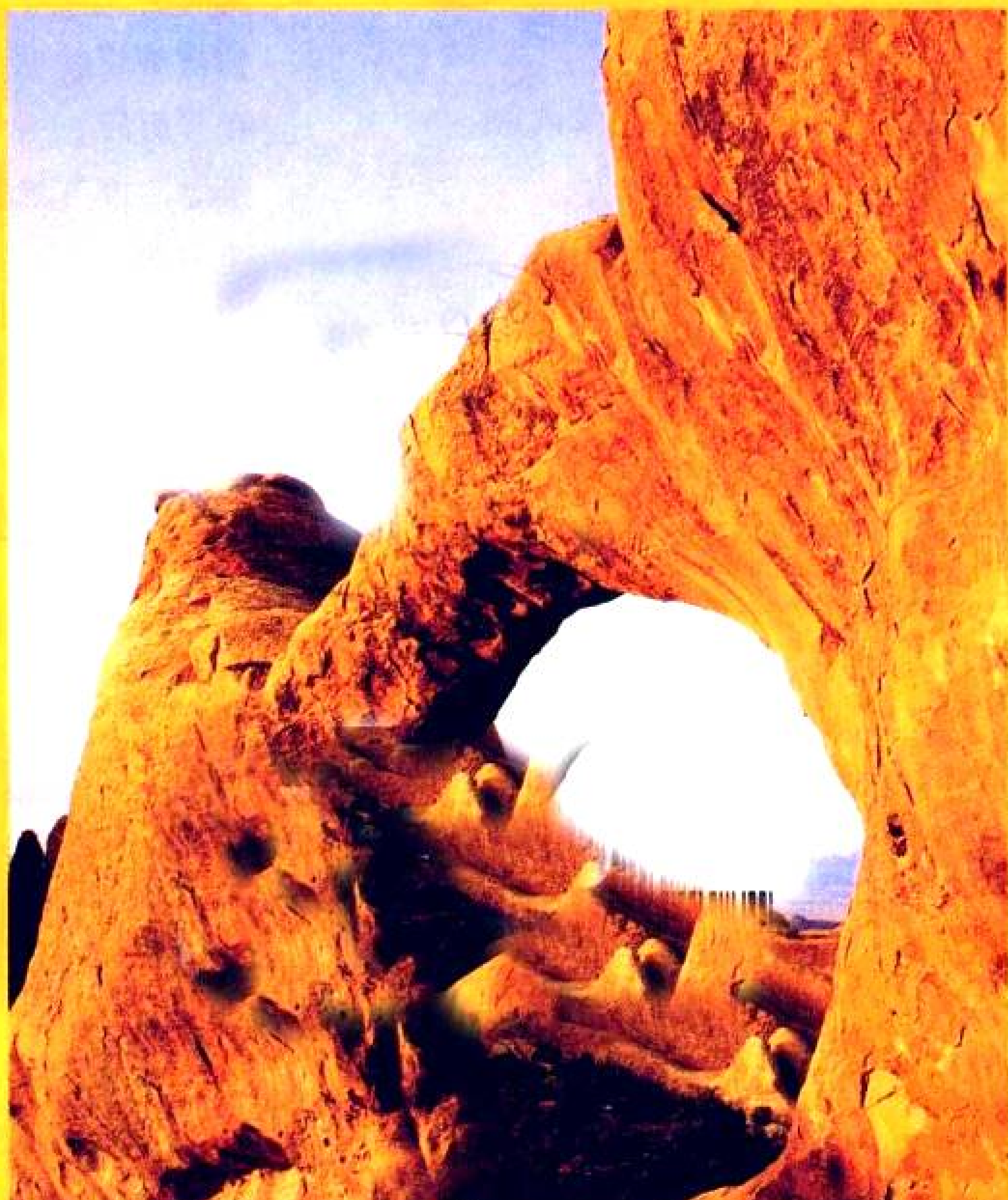
美国初中主流理科教材

SCIENCE EXPLORER

科学探索者

地表的演变



浙江教育出版社

科学
探索者

地表的演变

Program Resources
Student Edition
Annotated Teacher's Edition
Teaching Resources Book with Color Transparencies
Earth's Changing Surface Materials Kits

Program Components
Integrated Science Laboratory Manual
Integrated Science Laboratory Manual, Teacher's Edition
Inquiry Skills Activity Book
Student-Centered Science Activity Books
Program Planning Guide
Guided Reading English Audiotapes
Guided Reading Spanish Audiotapes and Summaries
Product Testing Activities by Consumer Reports™
Event-Based Science Series (NSF funded)
Prentice Hall Interdisciplinary Explorations
Cobblestone, Odyssey, Calliope, and *Faces* Magazines

Media/Technology
Science Explorer Interactive Student Tutorial CD-ROMs
Odyssey of Discovery CD-ROMs
Resource Pro® (Teaching Resources on CD-ROM)
Assessment Resources CD-ROM with Dial-A-Test®
Internet site at www. science-explorer. phschool. com
Life, Earth, and Physical Science Videodiscs
Life, Earth, and Physical Science Videotapes

科学探索者

从细菌到植物
动物
细胞与遗传
人体生理卫生
环境科学
地球内部
地表的演变
地球上的水
天气与气候
天文学
物质构成
化学反应
运动、力与能量
电与磁
声与光
科学探究
法庭科学

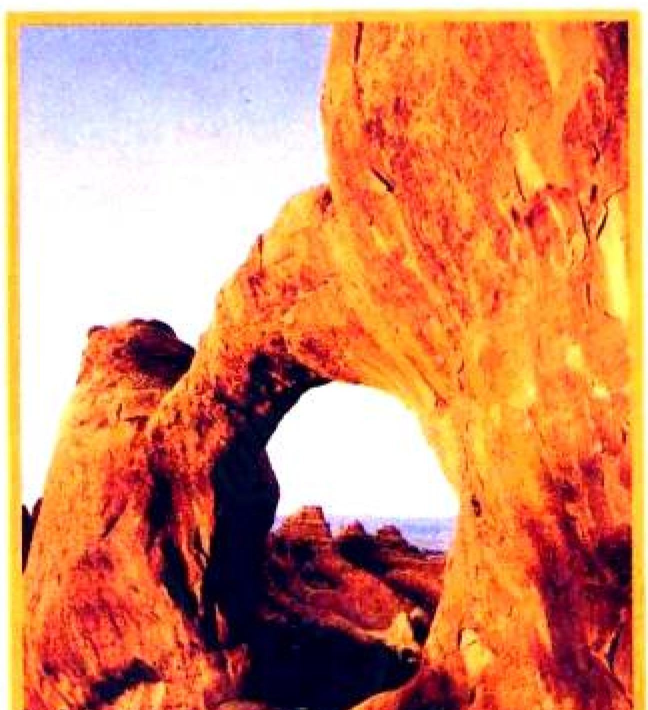
Staff Credits

The people who made up the *Science Explorer* team – representing editorial, editorial services, design services, field marketing, market research, marketing services, on-line services/multimedia development, product marketing, production services, and publishing processes – are listed below. Bold type denotes core team members.

Kristen E. Ball, **Barbara A. Bertell,** Peter W. Brooks, **Christopher R. Brown, Greg Cantone,** Jonathan Cheney, **Patrick Finbarr Connolly,** Loree Franz, Donald P. Gagnon, Jr., **Paul J. Gagnon, Joel Gendler,** Elizabeth Good, Kerri Hoar, **Linda D. Johnson,** Katherine M. Kotik, Russ Lappa, Marilyn Leitao, David Lippman, **Eve Melnechuk, Natania Mlawer,** Paul W. Murphy, **Cindy A. Noftle,** Julia F. Osborne, Caroline M. Power, Suzanne J. Schineller, **Susan W. Tafler,** Kira Thaler-Marbit, Robin L. Santel, Ronald Schachter, **Mark Tricca,** Diane Walsh, Pearl B. Weinstein, Beth Norman Winickoff

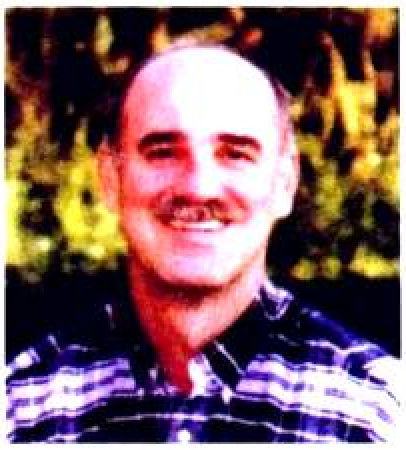
Acknowledgment for page 145: Excerpt from "The Hymn to Hapy" from Volume 1 of *Ancient Egyptian Literature,* by Miriam Lichtheim. Copyright © 1973-1980 Regents of the University of California. Reprinted by permission of the University of California Press.

ISBN 0-13-434483-9
7 8 9 10 03 02 01 00



封面：由红色砂岩组成的天生桥，位于美国犹他州的阿切斯国家公园内。

Program Authors



Michael J. Padilla, Ph.D.
Professor
Department of Science Education
University of Georgia
Athens, Georgia

Michael Padilla is a leader in middle school science education. He has served as an editor and elected officer for the National Science Teachers Association. He has been principal investigator of several National Science Foundation and Eisenhower grants and served as a writer of the National Science Education Standards.

As lead author of *Science Explorer*, Mike has inspired the team in developing a program that meets the needs of middle grades students, promotes science inquiry, and is aligned with the National Science Education Standards.



Ioannis Miaoulis, Ph.D.
Dean of Engineering
College of Engineering
Tufts University
Medford, Massachusetts

Martha Cyr, Ph.D.
Director, Engineering Educational Outreach
College of Engineering
Tufts University
Medford, Massachusetts

Science Explorer was created in collaboration with the College of Engineering at Tufts University. Tufts has an extensive engineering outreach program that uses engineering design and construction to excite and motivate students and teachers in science and technology education.

Faculty from Tufts University participated in the development of *Science Explorer* chapter projects, reviewed the student books for content accuracy, and helped coordinate field testing.

每章课题

Book Author

Jay D. Exline, Ed.D.
Former Director of Science
Virginia Department of Education

Contributing Writers

Rose-Marie Botting
Science Teacher
Broward County School District
Fort Lauderdale, Florida

Colleen Campos
Science Teacher
Laredo Middle School
Aurora, Colorado

Holly Estes
Science Teacher
Hale Middle School
Stow, Massachusetts

Edward Evans
Former Science Teacher
Hilton Central School
Hilton, New York

Sharon Stroud
Science Teacher
Widefield High School
Colorado Springs, Colorado

Reading Consultant

Bonnie B. Armbruster, Ph.D.
Department of Curriculum and Instruction
University of Illinois
Champaign, Illinois

Interdisciplinary Consultant

Heidi Hayes Jacobs, Ed.D.
Teacher's College
Columbia University
New York, New York

Safety Consultants

W. H. Breazeale, Ph.D.
Department of Chemistry
College of Charleston
Charleston, South Carolina

Ruth Hathaway, Ph.D.
Hathaway Consulting
Cape Girardeau, Missouri

Tufts University Program Reviewers

Behrouz Abedian, Ph.D.
Department of Mechanical Engineering

Wayne Chudyk, Ph.D.
Department of Civil and Environmental Engineering

Eliana De Bernardez-Clark, Ph.D.
Department of Chemical Engineering

Anne Marie Desmarais, Ph.D.
Department of Civil and Environmental Engineering

David L. Kaplan, Ph.D.
Department of Chemical Engineering

Paul Kelley, Ph.D.
Department of Electro-Optics

George S. Mumford, Ph.D.
Professor of Astronomy, Emeritus

Jan A. Pechenik, Ph.D.
Department of Biology

Livia Racz, Ph.D.
Department of Mechanical Engineering

Robert Rifkin, M.D.
School of Medicine

Jack Ridge, Ph.D.
Department of Geology

Chris Swan, Ph.D.
Department of Civil and Environmental Engineering

Peter Y. Wong, Ph.D.
Department of Mechanical Engineering

Content Reviewers

Jack W. Beal, Ph.D.
Department of Physics
Fairfield University
Fairfield, Connecticut

W. Russell Blake, Ph.D.
Planetarium Director
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

Howard E. Buhse, Jr., Ph.D.
Department of Biological Sciences
University of Illinois
Chicago, Illinois

Dawn Smith Burgess, Ph.D.
Department of Geophysics
Stanford University
Stanford, California

A. Malcolm Campbell, Ph.D.
Assistant Professor
Davidson College
Davidson, North Carolina

Elizabeth A. De Stasio, Ph.D.
Associate Professor of Biology
Lawrence University
Appleton, Wisconsin

John M. Fowler, Ph.D.
Former Director of Special Projects
National Science Teacher's Association
Arlington, Virginia

Jonathan Gitlin, M.D.
School of Medicine
Washington University
St. Louis, Missouri

Dawn Graff-Haight, Ph.D., CHES
Department of Health, Human Performance, and Athletics
Linfield College
McMinnville, Oregon

Deborah L. Gumucio, Ph.D.
Associate Professor
Department of Anatomy and Cell Biology
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan

William S. Harwood, Ph.D.
Dean of University Division and Associate Professor of Education
Indiana University
Bloomington, Indiana

Cyndy Henzel, Ph.D.
Department of Geography and Regional Development
University of Arizona
Tucson, Arizona

Greg Hutton
Science and Health Curriculum Coordinator
School Board of Sarasota County
Sarasota, Florida

Susan K. Jacobson, Ph.D.
Department of Wildlife Ecology and Conservation
University of Florida
Gainesville, Florida

Judy Jernstedt, Ph.D.
Department of Agronomy and Range Science
University of California, Davis
Davis, California

John L. Kermond, Ph.D.
Office of Global Programs
National Oceanographic and Atmospheric Administration
Silver Spring, Maryland

David E. LaHart, Ph.D.
Institute of Science and Public Affairs
Florida State University
Tallahassee, Florida

Joe Leverich, Ph.D.
Department of Biology
St. Louis University
St. Louis, Missouri

Dennis K. Lieu, Ph.D.
Department of Mechanical Engineering
University of California
Berkeley, California

Cynthia J. Moore, Ph.D.
Science Outreach Coordinator
Washington University
St. Louis, Missouri

Joseph M. Moran, Ph.D.
Department of Earth Science
University of Wisconsin–Green Bay
Green Bay, Wisconsin

Joseph Stukey, Ph.D.
Department of Biology
Hope College
Holland, Michigan

Seetha Subramanian
Lexington Community College
University of Kentucky
Lexington, Kentucky

Carl L. Thurman, Ph.D.
Department of Biology
University of Northern Iowa
Cedar Falls, Iowa

Edward D. Walton, Ph.D.
Department of Chemistry
California State Polytechnic University
Pomona, California

Robert S. Young, Ph.D.
Department of Geosciences and Natural Resource Management
Western Carolina University
Cullowhee, North Carolina

Edward J. Zalisko, Ph.D.
Department of Biology
Blackburn College
Carlinville, Illinois

Teacher Reviewers

Stephanie Anderson
Sierra Vista Junior High School
Canyon Country, California

John W. Anson
Mesa Intermediate School
Palmdale, California

Pamela Arline
Lake Taylor Middle School
Norfolk, Virginia

Lynn Beason
College Station Jr. High School
College Station, Texas

Richard Bothmer
Hollis School District
Hollis, New Hampshire

Jeffrey C. Callister
Newburgh Free Academy
Newburgh, New York

Judy D'Albert
Harvard Day School
Corona Del Mar, California

Betty Scott Dean
Guilford County Schools
McLeansville, North Carolina

Sarah C. Duff
Baltimore City Public Schools
Baltimore, Maryland

Melody Law Ewey
Holmes Junior High School
Davis, California

Sherry L. Fisher
Lake Zurich Middle School North
Lake Zurich, Illinois

Melissa Gibbons
Fort Worth ISD
Fort Worth, Texas

Debra J. Goodding
Kraemer Middle School
Placentia, California

Jack Grande
Weber Middle School
Port Washington, New York

Steve Hills
Riverside Middle School
Grand Rapids, Michigan

Carol Ann Lionello
Kraemer Middle School
Placentia, California

Jaime A. Morales
Henry T. Gage Middle School
Huntington Park, California

Patsy Partin
Cameron Middle School
Nashville, Tennessee

Deedra H. Robinson
Newport News Public Schools
Newport News, Virginia

Bonnie Scott
Clack Middle School
Abilene, Texas

Charles M. Sears
Belzer Middle School
Indianapolis, Indiana

Barbara M. Strange
Ferndale Middle School
High Point, North Carolina

Jackie Louise Ulfig
Ford Middle School
Allen, Texas

Kathy Usina
Belzer Middle School
Indianapolis, Indiana

Heidi M. von Oetinger
L'Anse Creuse Public School
Harrison Township, Michigan

Pam Watson
Hill Country Middle School
Austin, Texas

Activity Field Testers

Nicki Bibbo
Russell Street School
Littleton, Massachusetts

Connie Boone
Fletcher Middle School
Jacksonville Beach, Florida

Rose-Marie Botting
Broward County School District
Fort Lauderdale, Florida

Colleen Campos
Laredo Middle School
Aurora, Colorado

Elizabeth Chait
W. L. Chenery Middle School
Belmont, Massachusetts

Holly Estes
Hale Middle School
Stow, Massachusetts

Laura Hapgood
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

Sandra M. Harris
Winman Junior High School
Warwick, Rhode Island

Jason Ho
Walter Reed Middle School
Los Angeles, California

Joanne Jackson
Winman Junior High School
Warwick, Rhode Island

Mary F. Lavin
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

James MacNeil, Ph.D.
Concord Public Schools
Concord, Massachusetts

Lauren Magruder
St. Michael's Country Day School
Newport, Rhode Island

Jeanne Maurand
Glen Urquhart School
Beverly Farms, Massachusetts

Warren Phillips
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

Carol Pirtle
Hale Middle School
Stow, Massachusetts

Kathleen M. Poe
Kirby-Smith Middle School
Jacksonville, Florida

Cynthia B. Pope
Ruffner Middle School
Norfolk, Virginia

Anne Scammell
Geneva Middle School
Geneva, New York

Karen Riley Sievers
Callanan Middle School
Des Moines, Iowa

David M. Smith
Howard A. Eyer Middle School
Macungie, Pennsylvania

Derek Strohschneider
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

Sallie Teames
Rosemont Middle School
Fort Worth, Texas

Gene Vitale
Parkland Middle School
McHenry, Illinois

Zenovia Young
Meyer Levin Junior High School (IS 285)
Brooklyn, New York

目录







活 动



学科探索

每章课题

（贯穿整章的探索活动）

探 索

（课前的思考与探索）

增进技能

（专业技能训练）



试一试

（基本概念的巩固与强化）

技能实验室

（探索技能的强化）

生活实验室

（科学知识的应用）

跨学科探索

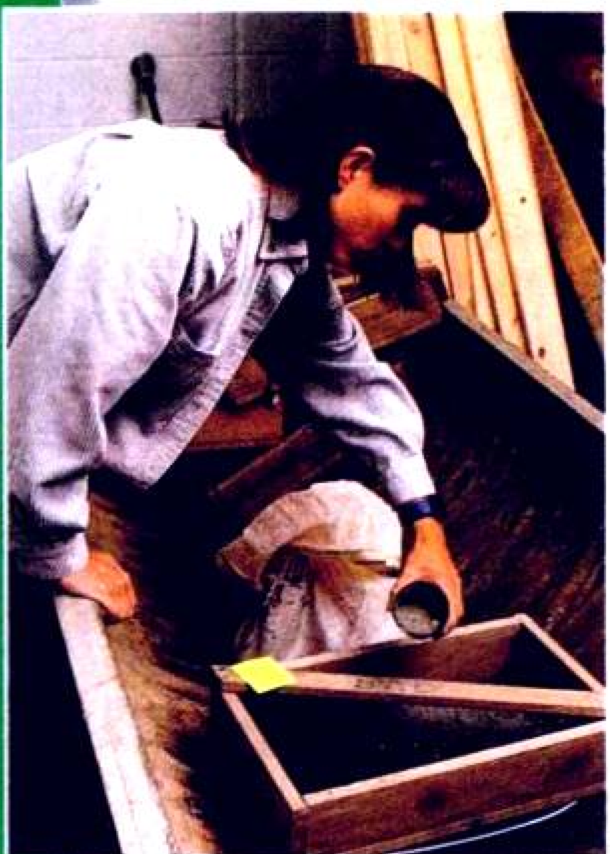
数学工具箱

科学与历史

科学与社会

链 接

侏罗纪的哺乳动物

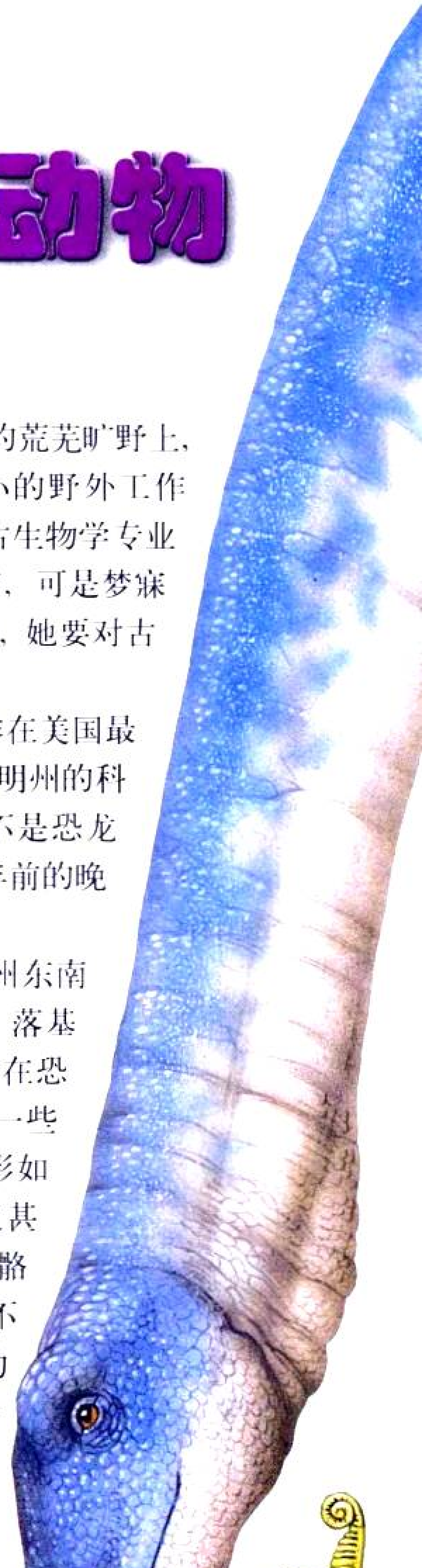


凯利·特鲁希略，31岁，是怀俄明大学脊椎古生物学专业的一名大学生。整个夏天，她几乎都在化石发掘点上工作。凯利不但是户外活动爱好者，而且还是一名演奏员，会弹吉他、钢琴，吹笛子。

半个夏天都呆在怀俄明州的荒芜旷野上，孤独地守护着一间很小的野外工作室，看来非常地乏味，但这对古生物学专业的大学生凯利·特鲁希略而言，可是梦寐以求的。作为一名古生物学者，她要对古代生物的化石进行研究。

凯利·特鲁希略目前工作在美国最著名的“恐龙化石之乡”怀俄明州的科莫布拉夫附近。但她寻找的不是恐龙化石，而是生活在大约1.5亿年前的晚侏罗纪哺乳动物化石。

在侏罗纪时期，怀俄明州东南部地势平坦，河湖星罗棋布，落基山系仍未形成。小动物们生活在恐龙的阴影之下，其中就包括一些最原始的哺乳动物——它们形如老鼠和鼩鼱，人们对它们知之甚少。由于这些哺乳动物的骨骼很细小，想要找到它们还真不容易。“若能找到一颗哺乳动物的牙齿，那就太棒了！要知道，现在这些发现还很少呢。”凯利说。





生存在同一时期的雷龙和小型哺乳动物。

凯利·特鲁希略访谈

问 *你是如何对科学产生兴趣的？*

答 我爸爸是一名历史教师，但对地质学却有着浓厚的兴趣，所以在我家里总是摆设着各种岩石。平时我们常去户外野营、徒步旅行，去观察岩石。因此在上学以前，我就知道石英、云母是什么了。

问 *你是如何走上地质学这条道路的？*

答 在中学的时候我选了一门地质课。任课老师很棒，他激发了我对地质，尤其是对化石的兴趣。但当时我并不认为自己适合当一名地质学家，因为地质学要求上代数，而代数对我而言又很难。所以我就放弃了，拿了一个兽医技术的文凭，因为这不要求考查数学。毕业后我做了三年兽医，最终发现自己并不喜欢这一行业。于是，我又回到了大学，并修了代数课，终于拿到地质学学位。

问 *你为什么专门研究古生物？*

答 刚开始时，我作为一名志愿者在发掘点上工作。第一次是参加一个在科罗拉多州甘尼森附近的学生发掘项目，在那里我们几个学生共发掘了900多块雷龙(一种大型四脚恐龙)的骨骼化石。后来我又帮朋友在怀俄明的梅迪辛博附近挖出了一大块异龙（大型食肉恐龙）的骨骼化石。从此就开始了我的古生物研究之路。

问 *目前你的发掘有了什么收获？*

答 我挖到了很多的海龟碎壳，大概有4~5平方厘米，上面还带些突起和脊纹；挖到了很多的鳄鱼牙齿和一些肺鱼牙齿；还挖到了一些蝾螈的脊椎——脊梁骨，以及小蜥蜴的脊椎、颚碎片。现在我已经发现20颗哺乳动物的牙齿了。

问 *为什么这些躯干碎片能被保存下来？*

答 估计这些动物都生活在湖里，或在湖泊附近。死后，它们的尸体就会被埋在湖底的沉积物（一层层的泥土）下面。这样躯干就有可能被保存下来了。这些骨骼碎片已经被埋了近1.5亿年。

问 *这些牙齿和骨骼碎片能让我们了解到动物的哪些情况？*

答 通常牙齿可以告诉我们很多的关于动物的信息，因为不同食性的动物具有不同类型的牙齿。例如，食肉动物是没有磨牙的，而食草动物却有。鳄鱼和蜥蜴的牙齿就很容易辨认。而哺乳动物的牙齿也是特殊的。这种特化了的牙齿正是哺乳动物区别于其他动物的一个显著特征。





图例 恐龙发掘点 ■ 城市 ●

▲ 凯利在怀俄明寻找哺乳动物化石的发掘点(上图)。凯利在和同事观察一颗侏罗纪时期的化石(右上图)。

◀ 凯利工作过的几个哺乳动物和恐龙化石发掘点。

骨骼则视情况而定。如果骨块很完整，那你就可以大致知道这是什么动物了。但通常情况下，我们找到的仅是一小块无法辨认的骨骼碎片。

问 *怎样根据含有化石的岩石确定化石的年龄?*

答 沉积岩的绝对年龄是较难确定的，通常是参照“年轻的岩层叠加在年老的岩层上面”的法则来判定它的年代。倘若岩石里碰巧存在一层火山灰，或含有我们可以用来测年的某种晶体、含铁矿物，那就好办了。在怀俄明，我是在被称为“莫里森构造”的岩层上进行发掘，测年表明该岩层属于侏罗纪晚期。

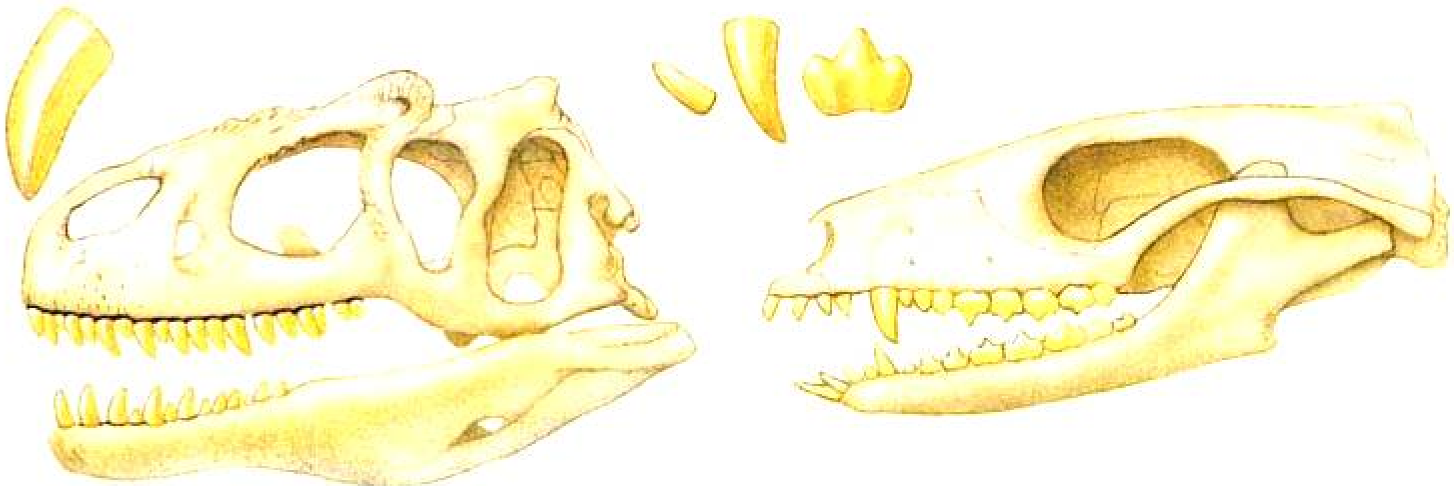
问 *科学家怎么知道在哪里可以找到化石?*

答 通常科学家们会很注意观察地面，看岩石中是否有骨骼化石露出。骨骼的形状及纹理是很特别的，颜色也很显眼。所以倘若明白你要找什么，骨骼化石就不会从你眼中逃走。

问 *你发掘时通常会用到什么工具?*

答 最常用的是扫帚。我用它来清理岩石以便观察其表面。在发掘出大的骨骼化石时，像镐子、铲子，甚至手提钻、风钻这些大工具都可能会派上用场。而对于较脆弱的小化石，锤子、凿子或筛子等诸如此类的小玩艺就能对付了。筛子就是用网封底的木盒子。往筛子里装些碎石块，然后把它放到一个大水槽中，让

恐龙和哺乳动物的牙齿比较



异龙（上图）那有力的下颚与锋利的牙齿配合起来就像是一把能撕裂小恐龙的锯子。它是侏罗纪的一种大型食肉恐龙。

与恐龙相比，哺乳动物的牙齿是截然不同的。同时期的哺乳动物（上图）其牙齿已特化并具备了不同的功能。犬齿、门齿及臼齿的配合使得哺乳动物能够撕裂、切断、磨碎食物。



←— 原始哺乳动物牙齿的实际大小

异龙牙齿的实际大小



在实验室里，凯利用显微镜来鉴别微小的哺乳动物化石。

水把碎石块冲走，只留下化石碎片。但这仅对易于溶解的石块奏效。

问 *你是如何挑出小的哺乳动物化石的？*

答 我收集到一两袋化石碎石块后就把它们带回实验室，倒在筛子上用水冲洗，然后烘干冲剩下的东西，最后在里边找我想要的。通常这些化石都很细小，有的竟只有大头针头那么大。所以我得借助显微镜，一粒粒地在岩屑里搜寻化石。这可是很需要耐心的。

问 *那你希望找到什么东西？*

答 通常原始哺乳动物仅留下牙齿，但这次我倒希望能找到一些头骨、四肢、脊椎或其他什么的。不过我真的很高兴已找到20颗牙齿化石。

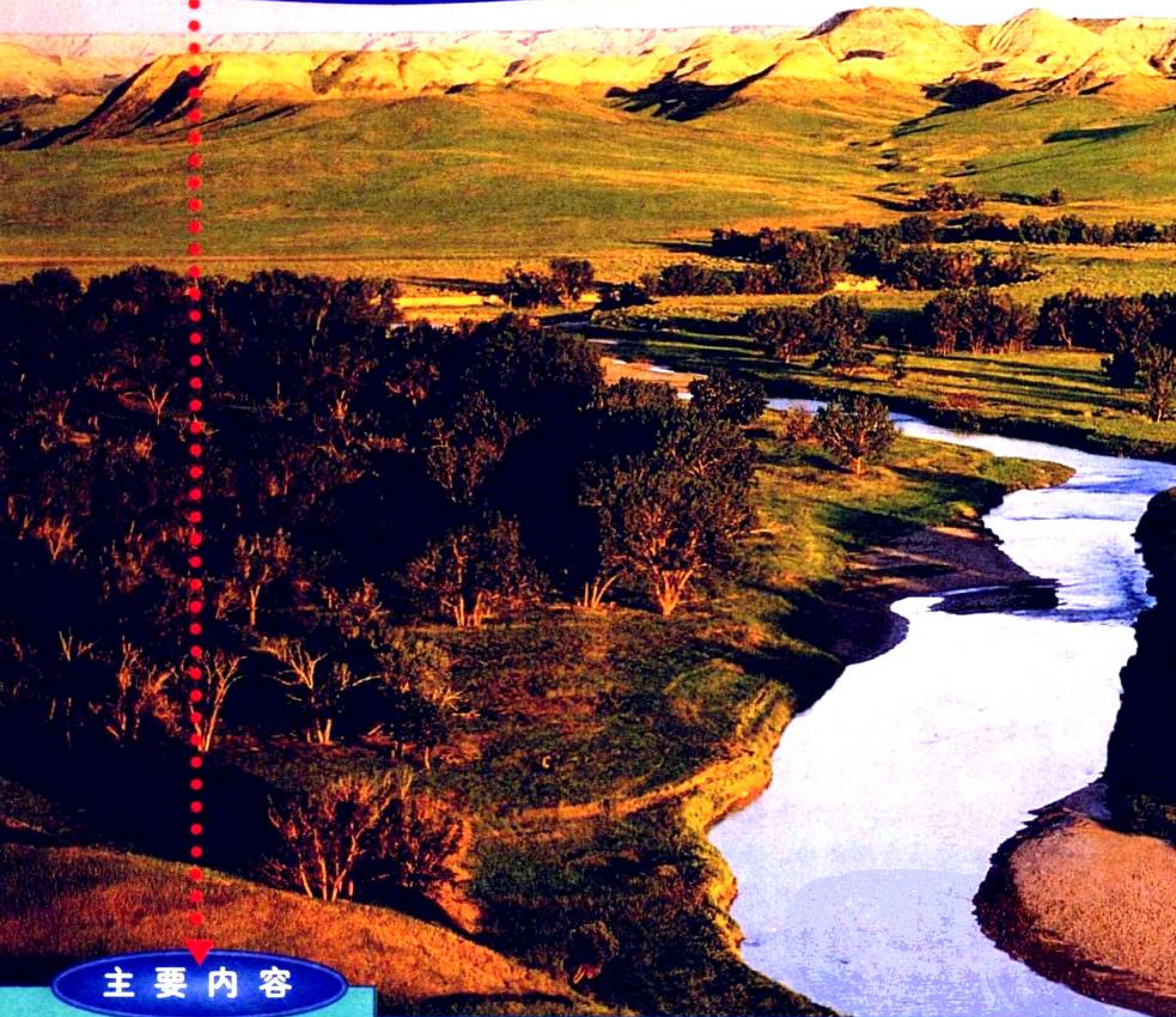
问 *在野外你是否觉得气馁或孤单？*

答 好像没有。在野外工作的时候，我感到时间眨眼就过去了。每天都在野外真是太棒了！虽然外边小虫子很多，风也刮得挺厉害，但是身处如此美丽的旷野上，我不在乎！

阅读 DIY

凯利·特鲁希略的古生物发掘工作包括一系列的步骤。从寻找适合的化石发掘地点，到在实验室里给化石下结论，每一步凯利都运用了很多技能。在你们的记事本上写下两栏，一栏记录凯利的工作步骤，另一栏则注明凯利所用的技能。

第一章 描绘地表



主要内容

SECTION 1 探索地球表面

探索　学校附近的地面是什么样子

SECTION 2 地球模型

探索　怎样把曲面地球展平

试一试　在地球的什么地方

生活实验室　边界问题

SECTION 3 与技术的综合 计算机时代的地图

探索　你会做像元图吗

课题 1

绘制地图

一条波光粼粼的小河蜿蜒穿过绿色的平原。平原是地表形态的一种。在本章中，你将学到平原和其他的地形(如山地和高原)，还会学到如何阅读和使用那些显示地表形状、高度、坡度的地图。在这个课题中，你要选择一小块地区，画一张这个地区的自然要素图。

课题目标 画一张附近地区的带有比例尺的地图。

要完成这个课题，你必须

- 和老师或家长一起合作。
- 选择并测量出一小块方形或矩形的区域。
- 用指南针确定北方并按比例画一张地图。
- 使用符号和图例来表示这个区域内的自然和人文要素。

课题准备 先寻找一个合适的地方，其面积在 300 ~ 1 000 平方米之间。可以选择公园、操场、后院。选取的区域要包括自然要素如树木、河流等，且有海拔或坡度的变化。也可以有一些人工建筑，如公园里的长凳和人行道。

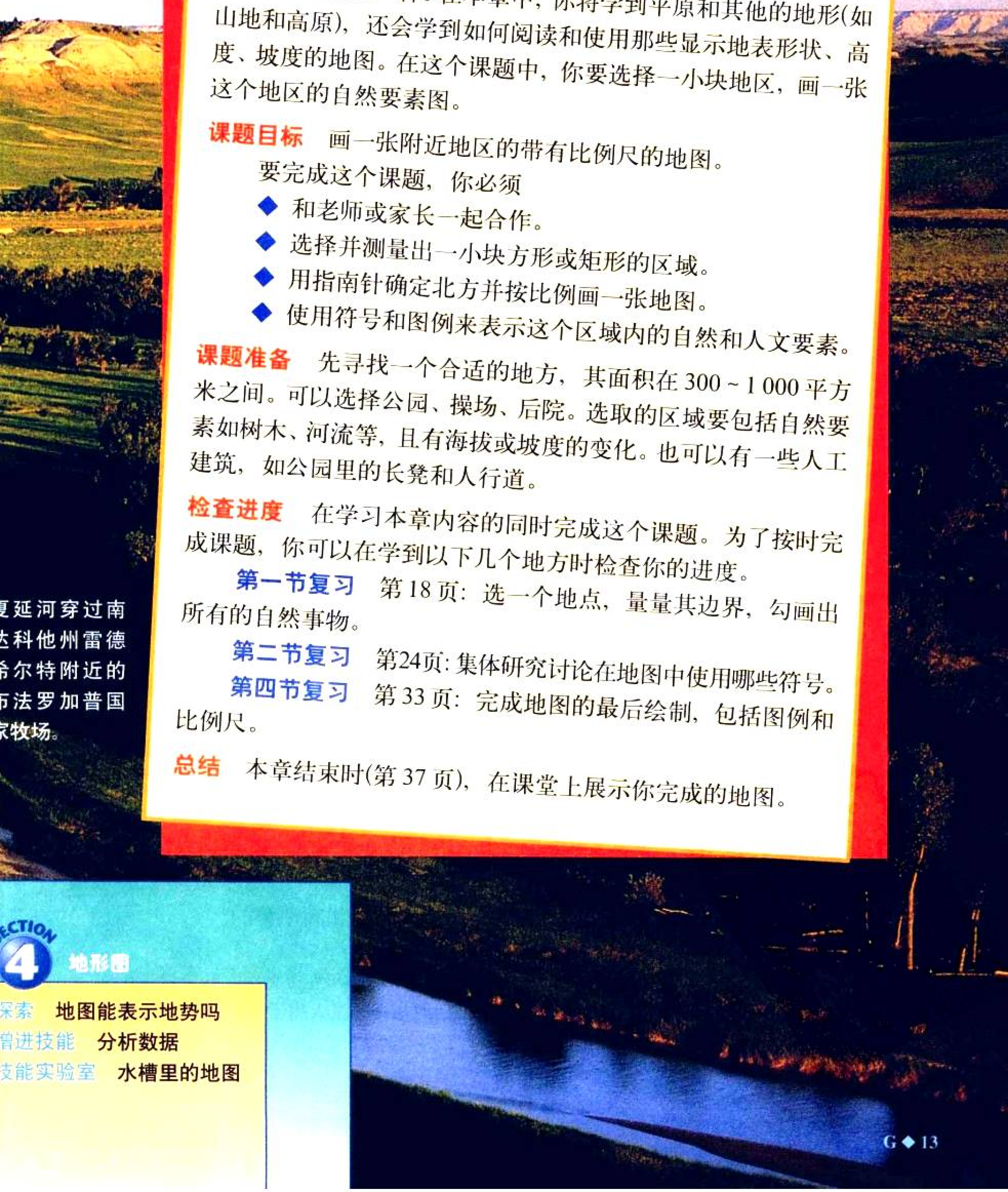
检查进度 在学习本章内容的同时完成这个课题。为了按时完成课题，你可以在学到以下几个地方时检查你的进度。

第一节复习 第 18 页：选一个地点，量量其边界，勾画出所有的自然事物。

第二节复习 第24页：集体研究讨论在地图中使用哪些符号。

第四节复习 第 33 页：完成地图的最后绘制，包括图例和比例尺。

总结 本章结束时(第 37 页)，在课堂上展示你完成的地图。



夏延河穿过南达科他州雷德希尔特附近的布法罗加普国家牧场。

SECTION 4 地形图

探索 地图能表示地势吗

增进技能 分析数据

技能实验室 水槽里的地图

SECTION 1

探索地球表面

探索 活动

学校附近的地面是什么样子

1. 在一张纸上，画一个方块表示学校。
2. 找一个词来形容学校附近的土地类型，如平坦、多山，或是高低起伏。把这个词写在方块旁边。
3. 用指南针来确定南北方向，假设纸的上方为北方。
4. 从学校出发朝北走1千米，你会发现哪种类型的土地？找一个词来形容，并把这个词写在方格的北面。
5. 在东、南、西三个方向重复第4步操作。

思考

可操作性定义 可以用什么词来形容所选区域？

阅读指南

- 地球表面的地形由什么决定？
- 有哪些主要的地形？
- 组成地球表面的四大圈层是什么？

阅读提示 阅读之前，先预习第17页上的“探索地表形态”专题，并列出有关地表形态的问题。

1804年，一支探险队从圣路易斯出发去探索密西西比河与太平洋之间的土地。那时候美国刚从法国人手里买下这个区域的一块地——路易斯安那。在购买路易斯安那以前，美国的国土东起大西洋、西至密西西比河。几乎没有美国人到过密西西比河以西的地区，也从来没有人横跨整个大陆直至太平洋。

在梅里韦瑟·刘易斯和威廉姆·克拉克的指挥下，探险队穿过密苏里河，翻过落基山脉，顺着哥伦比亚河，直到到达太平洋才返程。这次探索的目的是绘制美国国土地图。



图1-1 刘易斯和克拉克探险队穿过哥伦比亚河时与奇努克人相遇。

地形

在整个行程中，刘易斯和克拉克探险队走了5 000多千米才横穿北美大陆。在旅途中，刘易斯和克拉克发现许多地形变化。**地形(topography)**就是指大地的形状。一个地区的地形可以是平坦的、有坡度的、丘陵状的和高地势的。

一个地区的地形是由这个地区的海拔、地势、地表形态决定的。我们做作业的写字台上可能有一叠叠的书、纸和其他各种大小形状的东西。所以写字台也具有海拔和地势。



图 1-2 除翻越落基山脉外，探险队主要是顺河而下。

海拔 地面某点高出海平面的垂直距离叫**海拔(elevation)**。探险队从圣路易斯出发，那里的海拔是140米，而当他们抵达落基山脉时，他们已经在2200米的海拔高度上了。

地势 一个地区最高部分和最低部分海拔的不同就是它的**地势(relief)**。当刘易斯和克拉克探险队进入落基山脉时，就从平坦、微微起伏的低地势变成了高山地势。

地表形态 沿着探险队的路线穿过北美西部，你可以看到许多不同的**地表形态(landform)**。地表形态是由形成地面形状的过程所组成的一个地形特征。所有的地表形态都有海拔和地势。地表形态相似的大面积区域叫做**地形区(landform region)**，图1-3显示了美国的各地形区。

☑ **想一想** *海拔与地势的区别是什么？*

图1-3 美国有许多不同的地形区。
图解 *查尔斯顿、托皮卡、圣达菲和沃拉沃拉在什么地形区？*





图 1-4　北美西部大平原面积大、地面平坦、起伏较小。大平原是内陆平原。

预测　*你认为内陆平原和滨海平原有哪些不同？*

地表形态的类型

从一望无际的平原、可以徒步登上的低矮圆形山丘，到要花好几天才能翻越的巍峨高山，地表形态在大小和形状上变化很大。**地表形态有三种主要类型：平原、山地和高原。**

平原　**平原(plain)**是由平坦或微起伏的低地势组成的一种地表形态。沿着海岸分布的平原叫滨海平原。北美滨海平原像裙摆一样包围在大陆东部和东南部海岸。滨海平原的海拔和地势都很低。

远离海岸的则称为内陆平原。虽然内陆平原的地势低，但是海拔却变化很大。北美广阔的内陆平原称为大平原。

大平原从得克萨斯州向北一直延伸到加拿大。从北达科他州、南达科他州、内布拉斯加州、堪萨斯州、俄克拉何马州、得克萨斯州的东部州界起，大平原向西延伸到落基山脉。在刘易斯和克拉克探险时期，大平原还是一片草原。

图 1-5　爱达荷州的比特鲁特山——落基山脉的一部分。



山地　**山地(mountain)**是一种高海拔高地势的地表形态。山地是山脉的一部分。**山脉(mountain range)**是形状、结构和年代相似的山群。穿过大平原后，探险队翻越了比特鲁特山。

同一地区不同的山脉组成山系。比特鲁特山是著名的落基山脉的一部分。

链状连接的山脉和山系组成一个更大的单元——山带。落基山脉是连绵于南、北美洲的西部山带的一部分。

高原 海拔较高、地面起伏不大的地表形态叫**高原(plateau)**。高原顶部很少是平坦的。高原表面河流纵横。华盛顿哥伦比亚高原就是其中一例。哥伦比亚河把哥伦比亚高原分成了几大块，刘易斯和克拉克探险队曾顺着哥伦比亚河而下。许多组成哥伦比亚高原的岩层厚达 1 500 米。

想一想 ***哪种地表形态地势较低?***

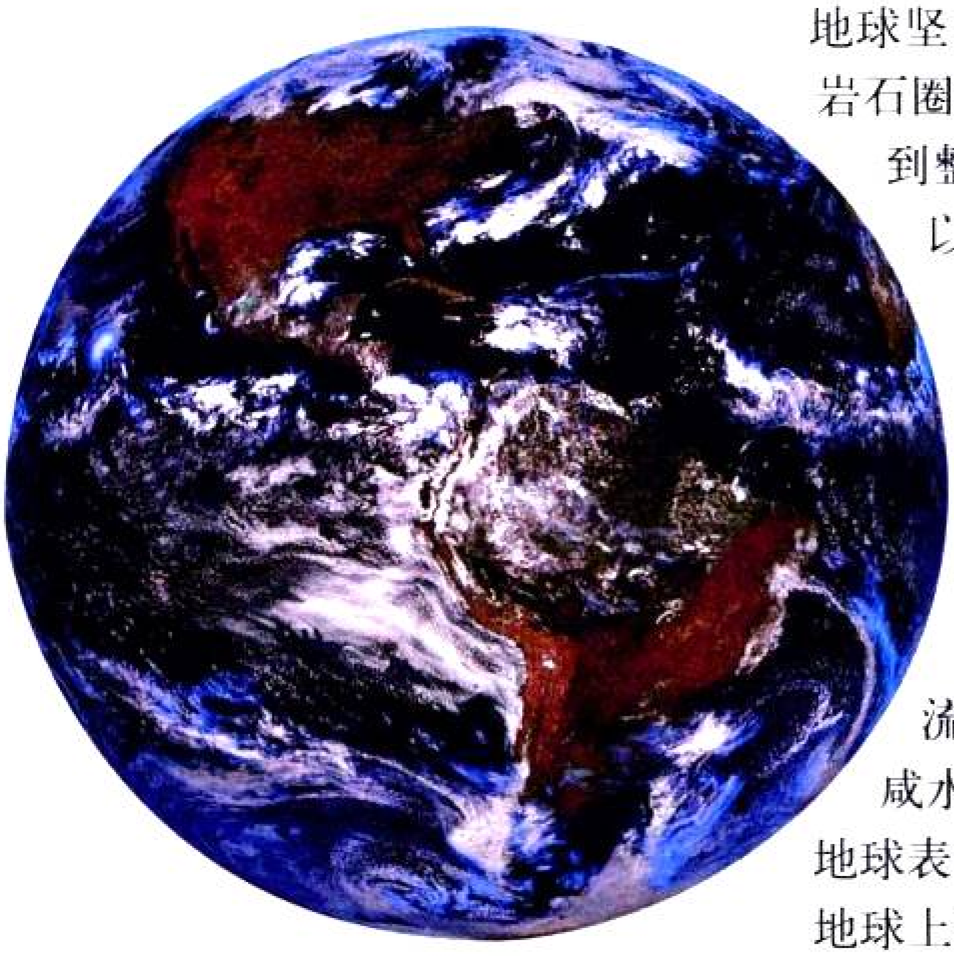
探索 地表形态

山地、平原和高原只是地表形态中的几种类型。



图1-6 从太空中观看地球的四大圈层——大气圈、水圈、生物圈和岩石圈。

观察 *从图像上看，各个圈层有哪些特征？*



地球的四大圈层

刘易斯和克拉克花了两年时间才穿越北美西部。一路上，他们观察大地、水、大气和生物。这四样组成了地球上以及地球周围的一切。**科学家把地球分为四个圈层：岩石圈、水圈、大气圈和生物圈。**本书将主要介绍岩石圈以及它对其他圈层的影响。

地球坚固的岩石外壳被称为**岩石圈**(lithosphere)。岩石圈由各大陆和面积稍小的岛屿组成，一直延伸到整个洋底。平坦的平原，起伏的丘陵，河谷，以及巍峨的山峰，都是岩石圈的一部分。

最外层的圈层是**大气圈**(atmosphere)。它由环绕在地球周围的混合气体组成，其中含量最高的是氮气和氧气。除此之外，大气圈中还包含水蒸气、二氧化碳和其他气体。水蒸气凝结，产生的水滴能形成云。

水圈(hydrosphere)包括海洋、湖泊、河流和冰川。水圈中的水大部分来自于海洋中的咸水，但是淡水也是水圈的一部分。海洋面积占地球表面的$\frac{2}{3}$。

地球上的一切生物——包括空气中、海洋里、地上的和地下的——构成**生物圈**(biosphere)。生物圈延伸到其余的各个圈层中。

第一节复习

1. 决定一个地区地形的三个因素是什么？
2. 地表形态的主要类型有哪些？
3. 山带和山系哪个大？
4. 分别在哪个圈层中可以找到云、山、湖和树？
5. **理性思维** **对比** 山地和高原有哪些相似点和不同点？

课题 1

检查进度

尽量选一块方形或矩形的地方。先在所选区域的四个角上用木桩、石头或其他物品作下记号。测量边界长度，在草图上记下距离。草图上应显示出该地区的地形和自然、人文要素，以及一个指向北方的箭头。该如何确定地图上的北方呢？

注意：在开始工作前，请确保你已经获得业主的同意。

SECTION 2 地球模型

探　索　　**活　动**

怎样把曲面地球展平

1. 用粗尖的钢笔在橙或柚的表面大致勾画出各大洲的轮廓。
2. 用塑料刀小心地剥下橙皮。如果可能，尽量剥成一大块，以便各大洲能连在一起。
3. 试着把橙皮平摊在桌面上。



思考

观察　摊平橙皮时，各大洲出现了什么情况？有什么办法可以使各大洲的形状不被扭曲？

阅读指南

- 地图和地球仪是如何表示地表的？
- 怎样使用经、纬度来对地面某点进行定位？

阅读提示　阅读之前，把本节中的标题改写成怎么样、为什么、是什么的问题形式。在阅读过程中找出这些问题的答案。

要邀请城外的亲戚来学校参加运动会，你可以用语言来告诉他们该如何找到学校：从高速公路的第三个出口下来，到第一个红绿灯时左拐，等等。但是往往口头上很难说得清楚。这时，你可以画一张到学校的最佳路线的草图。地图可以用图片的形式而不是语言的形式告诉他们学校的所在地。

地图和地球仪

地图和地球仪都可以显示地表要素的形状、大小和位置。**地图(map)**是俯视部分地表或整个地表而得的平面模型。**地球仪(globe)**是用来表示整个地球表面的球体。地球仪正确地显示了陆地和水体的相对大小、形状、位置，就像你在太空中观察到的地球一样。

地图和地球仪可以用比例尺和符号来表示地表的地形和其他要素。地图上的**比例尺(scale)**把地表实际距离和地图上的距离联系起来。通常比例尺是用比率来表示的。比方说，地图上的一个单位相当于地面上的25 000个单位，因此地图上的1厘米表示0.25千米，比例尺可写为"1∶25 000"。图1-7列出了地图比例尺的三种表示方法。

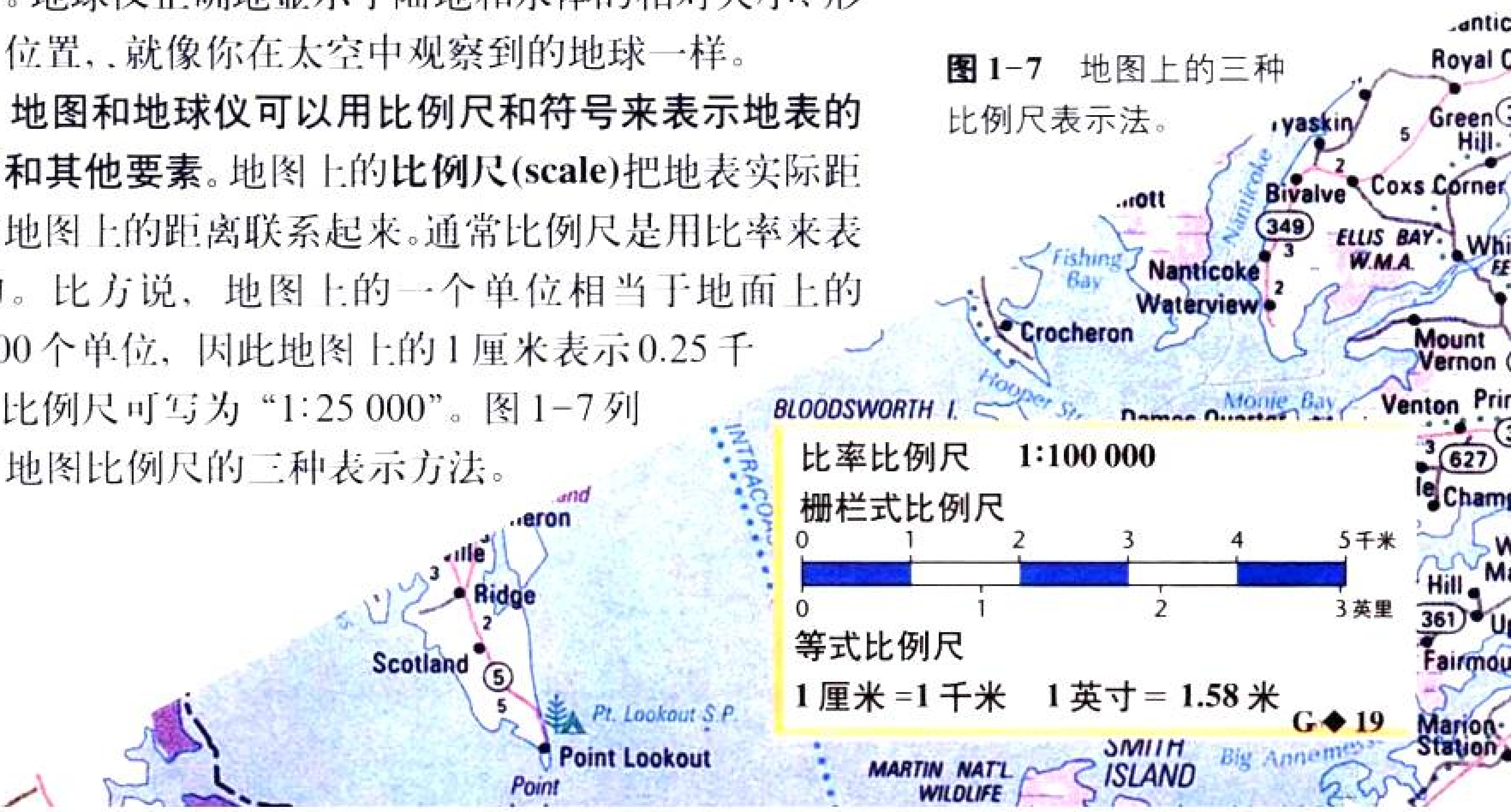


图 1-7　地图上的三种比例尺表示法。

制图者使用被称为**符号**(symbol)的图片表示地表要素。一个符号能代表一种自然要素，例如：河流、湖泊、山地和平原。符号也可以表示人文要素，如高速公路、城市、飞机场。地图的**图例**(key)就是由图中所用到的所有符号及其说明组成的清单。

地图还应包括一个玫瑰图指南针或者指北针。玫瑰图指南针可以帮助读图者辨认图上方向。地图的上部通常为北方。

想一想 *在哪里可以找到地图上符号的说明？*

科学与历史

地图和技术

几个世纪前，人们发明仪器来确定南北方向、纬度和经度。制图者发展这项技术以便能更准确地表示地表。



1154年 西西里

阿拉伯的制图者埃维西为西西里的罗杰国王绘制过好几张世界地图。埃维西绘制的地图比同时代其他地图要先进得多。这些地图表明阿拉伯人掌握了科学的制图技术和地理知识。这些地图与现代地图的不同之处在于这些地图上部为南方！

1100 1200 1300 1400

1100年左右

中国

由于磁性罗盘的指针总是指向北方，所以即使看不到太阳和星星，海上的船只仍可以通过磁性罗盘来识别方向。阿拉伯和欧洲直到13世纪才开始引进这项中国发明。



1300年左右

西班牙

用表示风向的十字交叉线制成的地图叫航海图。这些图也显示了海岸线和港湾。一个船长要从地中海的一个港湾行驶到另一个港湾，只要一个指南针和一张航海图。

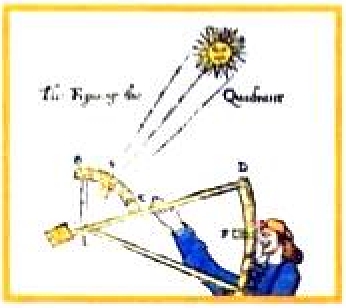
地球坐标系统

下国际象棋时，棋盘上的方格有助于你找到每块的位置。要在地球表面找到一个点，也需要像棋盘方格那样的坐标系统。当然，地球本身是没有网格线的，但是大多数的地图和地球仪都有网格。**赤道和本初子午线组成了网格，它们是测量地表距离的基线。**

赤道 **赤道(equator)**是位于南、北极中间环绕地球的假想的线。赤道把地球分为南北两个半球。**半球(hemisphere)**是组成地表球体的一半。

阅读 DIY

选一个你想进一步了解的时间段。到图书馆查找该时间段有关地图的信息。谁使用了地图？为什么地图这么重要？以那个时代使用地图的旅行者或探险家的身份，把你所学到的东西用书信的形式与大家一起分享。



1595 年
英国
为了找到纬度，航海家们使用了很多仪器，其中一样就是反向高度观测仪。领航员沿着这种观测仪的直边测量太阳或北极星与地平线的夹角(如图)。后经改进成为现代航海仪器。

1684 年
法国
制图者使用许多办法来精确测量地表面积。菲利普·德拉海尔绘制的法国地图证明法国的实际面积比人们想象的要小得多。法国国王说他因这张地图而失去的国土远多于他在战争中失去的土地。

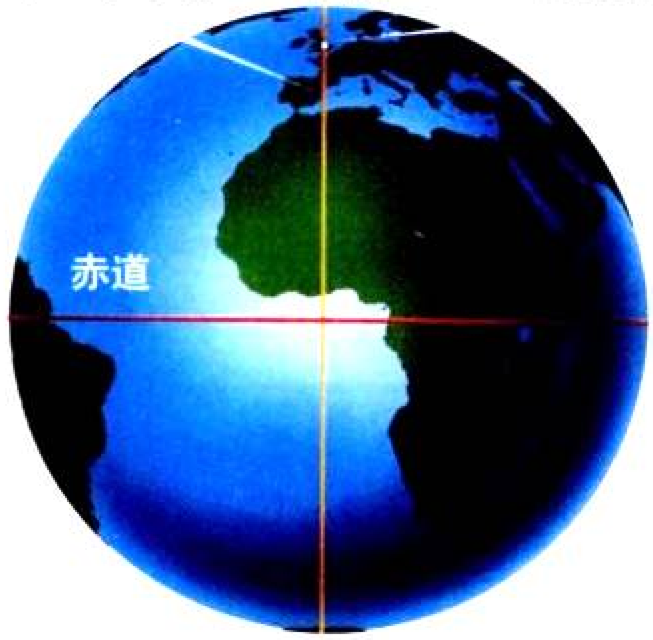
1500 1600 1700 1800

1569 年 比利时
法兰德斯的制图者格拉尔杜斯·墨卡托发明了第一种现代地图投影，这使得他名声大震。墨卡托和他的儿子鲁莫尔德还绘制了一本地图集和一些世界地图。下图就是其中的一张。



1763 年
英国
约翰·哈里森，一个木匠和机械师，因制造了高精度的经纬仪而获得英国海军奖。利用这项发明能较轻松、快捷地获得经度数据，借此制图者可以大大提高地图的精确度。





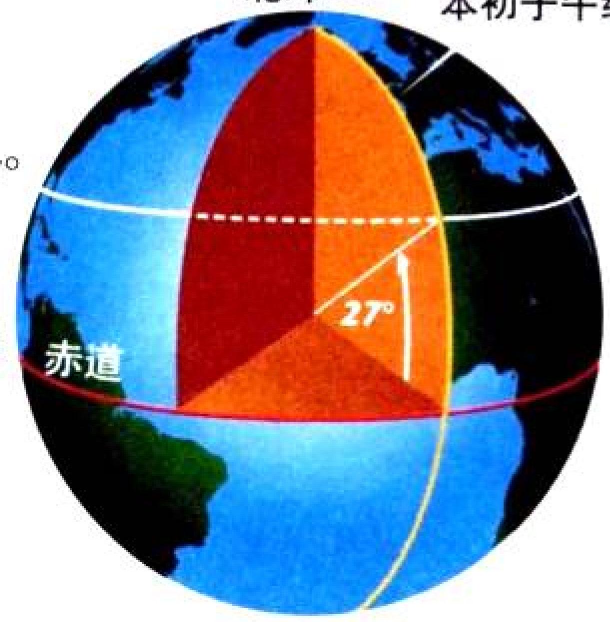


图 1-8

A. 赤道和本初子午线把地球分成几个半球。

B. 用纬度测量赤道以南或以北的距离。

C. 用经度测量本初子午线以东或以西的距离。

D. 埃及开罗位于北纬30°纬线和东经31°经线的交叉点上。

试 一 试

在地球的什么地方 活动

在地球仪上寻找以下几个点所在的城市:

2° S, 79° W

38° N, 9° W

34° N, 135° E

34° S, 58° W

55° N, 3° W

1° N, 103° E

这些城市名的第一个字母组合起来是哪个单词?

本初子午线 一条从北极到南极的半圆弧就叫**本初子午线(prime meridian)**，本初子午线穿过英国格林尼治天文台。本初子午线以东的部分属于东半球，以西的部分属于西半球。

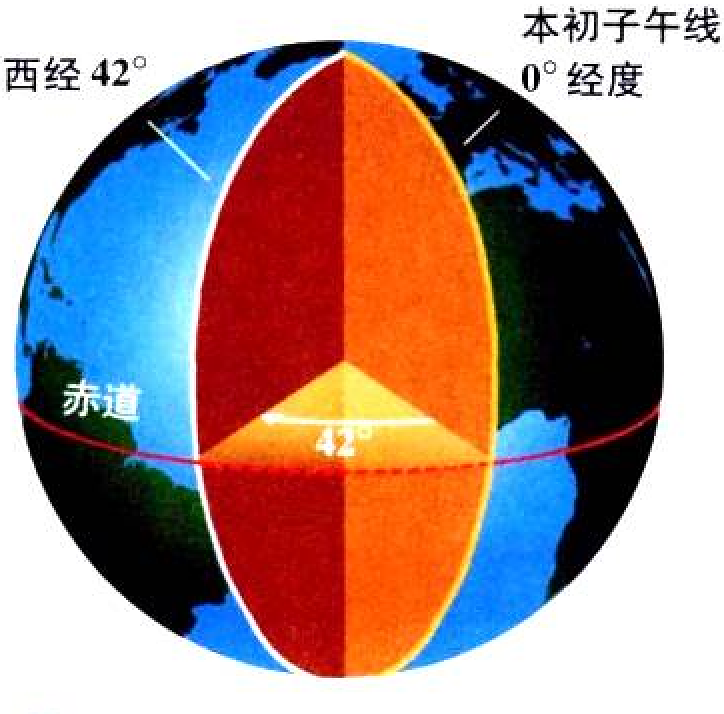
球体上的测量 为了测量圆上的距离，科学家采用度作为单位。**1度(degree)**表示一个圆的$\frac{1}{360}$。如图1-8所示，每度都表示由从地心到地面各点的连线所组成的夹角。如果从本初子午线出发沿着赤道向西走，回到起点时，你已经走了360°。从赤道出发向两极走，会走过90°，即一个圆的$\frac{1}{4}$。

☑ ***想一想*** ***美国位于哪个半球?***

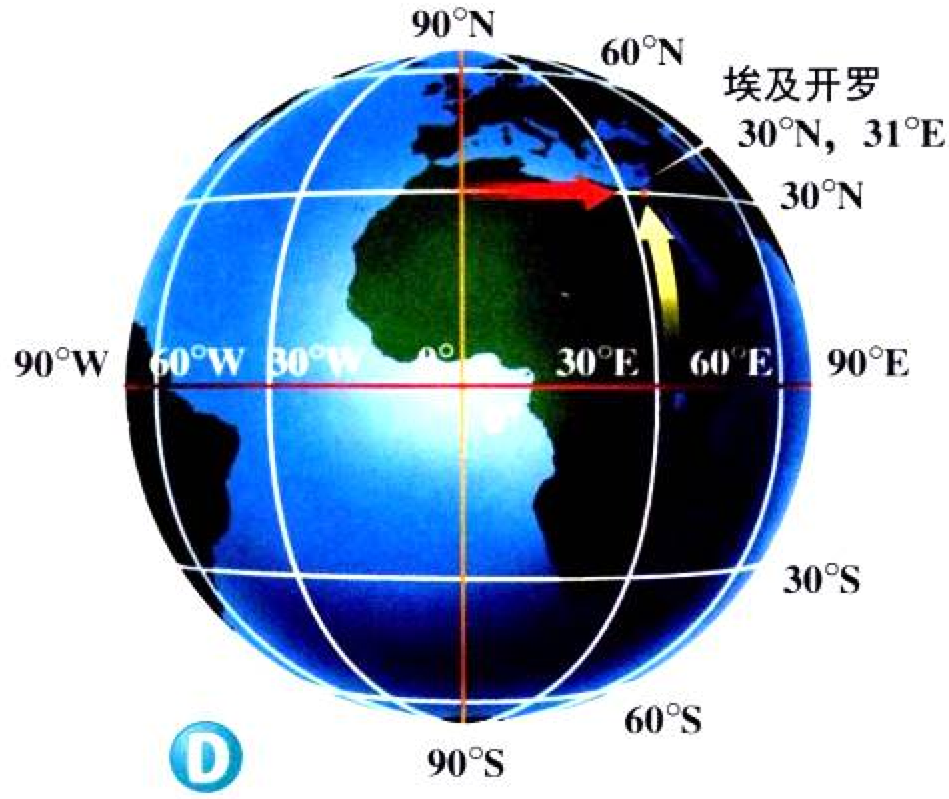
给地面上的点定位

利用赤道和本初子午线，制图者绘制出了由经纬线构成的网格。**利用经纬线可以找到地球上任意一点的位置。**

纬度 赤道是用来计算纬度的起始线。**纬度(latitude)**是赤道以北或以南的角度距离。在赤道和两极之间均匀地分布着纬线，所有的纬线都与赤道平行。纬度从赤道算起，把赤道定为0°，两极分别为北纬90°和南纬90°。



C



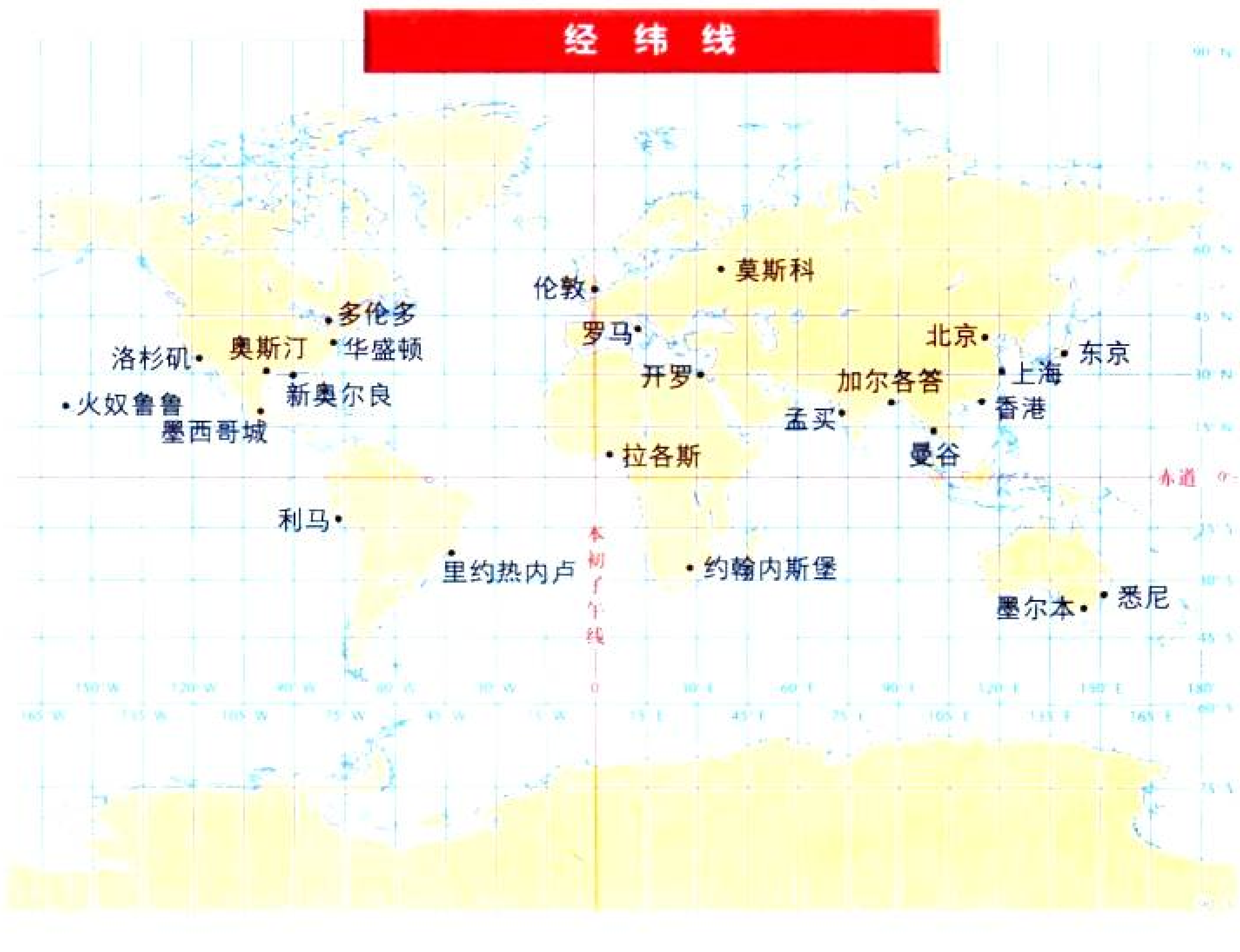
D

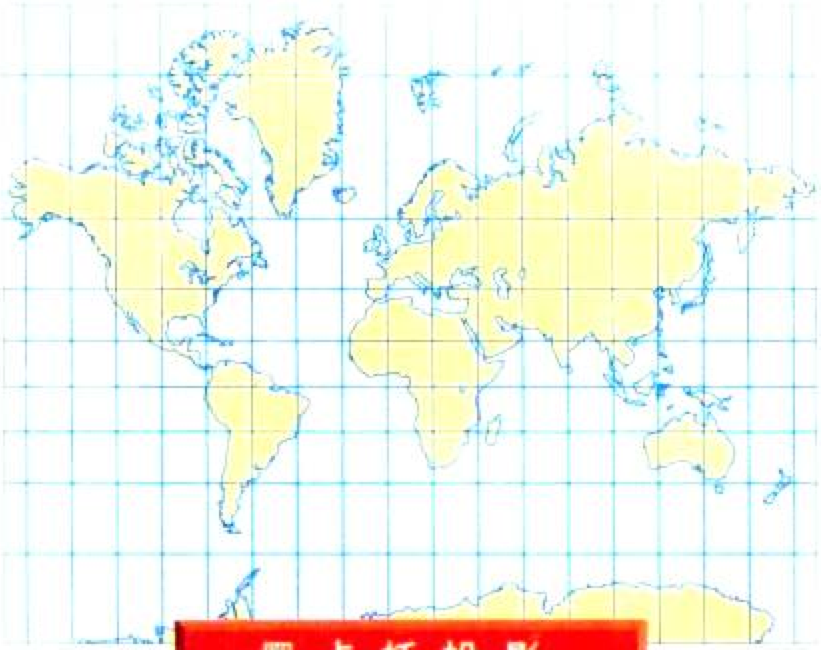
经度 本初子午线向西或向东的角度距离称为**经度 (longitude)**。共有360条从北到南最终在两极相会的经线。每条线表示一个经度。计算经度的起始线——本初子午线的经度为0°。每条经线与包括赤道在内的纬线以直角相交。

如图1-9所示，每个半球包含180°的经线，是整个圆的度数的一半，东经180°和西经180°经线是背对本初子午线的同一条经线。

图1-9 地面每一个点都有它固定的经纬度。

图解 *新奥尔良和悉尼的经纬度各是多少？*





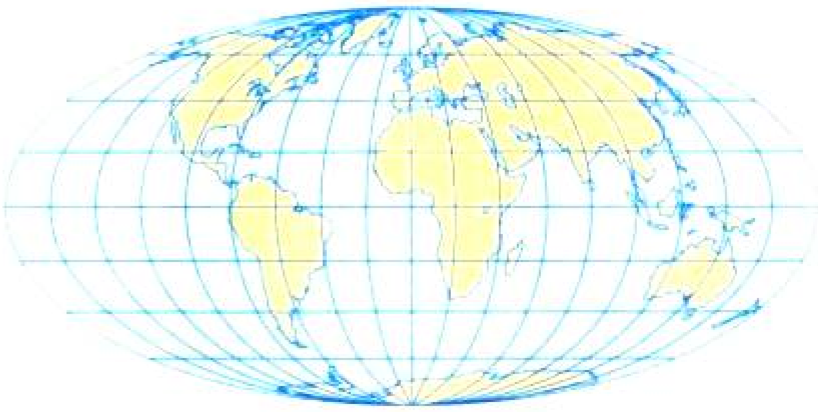


图 1-10 在墨卡托投影(左图)上，经线是互相平行的，所以在两极附近地区的形状变了形。等积投影(右图)能准确地表示面积，但是其边缘地区形状变形。*对比* *在哪种投影下，格陵兰岛的面积会显得大一些，墨卡托投影还是等积投影?*

地图投影

制图者利用地图投影在平面地图上表示曲面地表。**地图投影(map projection)**是在平面上表示大陆的线网。

在墨卡托投影上，经纬线看起来都是平行直线，并且组成矩形。在墨卡托投影中，赤道附近的地区大小和形状变形很小，但是越往两极变形越大。变形的原因是地图上的经线并不像在球体上一样最终会会聚于一点。如图1-10所示，墨卡托投影还会改变陆地的相对大小。

为了解决在墨卡托投影中的变形问题，制图者发明了等积投影。等积投影能准确地显示地球上陆地的相对大小，但是等积投影也有变形。在地图边缘陆地形状也明显被拉伸和弯曲了。

第二节复习

1. 地图比例尺能提供哪些信息?
2. 经纬度分别表示什么?
3. 等积投影的优缺点是什么?
4. **理性思维** **测量** 仔细阅读图1-9，如果从新奥尔良往东飞到上海要经过多少经度?如果从新奥尔良往西飞到上海要经过多少经度?解释说明。

课题 1

检查进度

为你的地图选一个合适的比例尺，给所有需要符号表示的人文和自然要素列一个清单。仔细阅读本章中使用到的和老师提供的地图样本。集体讨论在你的地图中会使用哪些符号。可能的话，在地图上再增加一些更详细的内容。

边界问题

你可能很想知道，以前的人是怎样确定州与州之间的界线的。

问题

确定州界线的主要依据是经纬度还是自然要素？

技能

分类、观察、推理。

材料

标有经纬线和州界线的美国地图
描图纸　纸夹　彩色铅笔

实验步骤

1. 在美国地图上铺上一张描图纸。
2. 用蓝色铅笔描出美国的太平洋和大西洋海岸。
3. 用蓝色铅笔描出五大湖与它附近州相接的界线。
4. 用红色铅笔描出南北向的州界线。
   提示：有些边界是呈南北向的直线，如缅因州的西部边界线，不要让它与经线重合。
5. 用绿色铅笔描出东西向的州界线和部分国界线。
   提示：如内华达州的南边界是倾斜的直线，不要让它与纬线重合。
6. 用蓝色铅笔描出沿河的边界线。
7. 用棕色铅笔描出不是直线也不是河流的边界线。

分析与结论

1. **分类**　有多少州的边界线是完全用经纬线来确定的？有多少州的边界线是部分用经纬线来确定的？有多少州没有使用经纬线来确定其州界线？
2. **观察**　如果不是用经纬线来确定的，那么还有哪些要素被用于确定一个州的边界线？以一个具体的州为例。
3. **观察**　阅读美国地图，其他还有哪些自然要素被用来确定边界？哪些州界线是由这些要素来确定的？
4. **推理**　在美国的哪个地区的州界线主要由经纬线来确定？你认为是什么原因。
5. **交流**　选择一个州，用经度、纬度、自然要素等尽可能精确地描述其界线。

进一步的探索

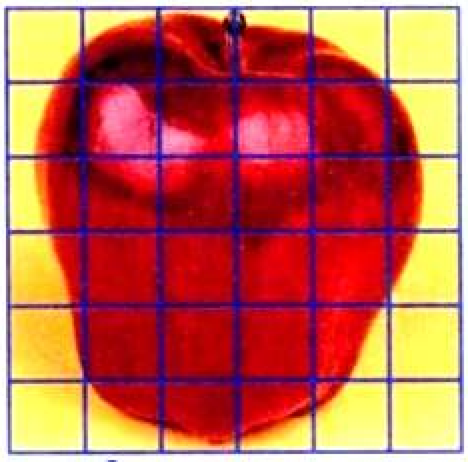
研究你所在州的历史，找出其界线确定的时间及方式。你所在州的界线是建立在经纬线的基础上，还是地形地貌的基础上，还是两者皆是？

参考州地图或国家地图，除了州界线外，还有哪些要素与经纬线有关，哪些要素与地形地貌有关？

SECTION 3 计算机时代的地图

探索 活动

你会做像元图吗



1. 用铅笔画网格线，每个方格的边长是1厘米，网格的每边有6个方格。
2. 在网格中，画出一个简单物体(如苹果)的轮廓。
3. 用一支彩色铅笔涂满图中苹果轮廓内的方格。如果方格的大部分在苹果中，也涂满这个方格，否则不涂。
4. 网格中的每个方格表示图片的一个像元或一个二进制信息。看看你的像元图，还能认出你开始画的形状吗？

思考

观察 如果把物体画小一些，像元图会有什么变化？使用网格更小的坐标纸，这个像元图会变成什么样子？

阅读指南

- 如何利用卫星和计算机绘制地图？

阅读提示 阅读之前，预习图1-12和图1-13，推测计算机是如何影响制图的。

几个世纪以来，制图者缓慢而艰难地收集数据，然后手工画图。探索家通过他们在船上所看到的海岸线来勾画地图。有时，制图者只能通过曾到过那个地方的人的汇报来画图。许多高精度地图是通过对地面固定点的调查得到的。

20世纪人们开始用在飞机上拍得的相片来绘制高精度的地图。这些相片被称为航空相片。航空相片在多种地图的绘制过程中起了重要作用。

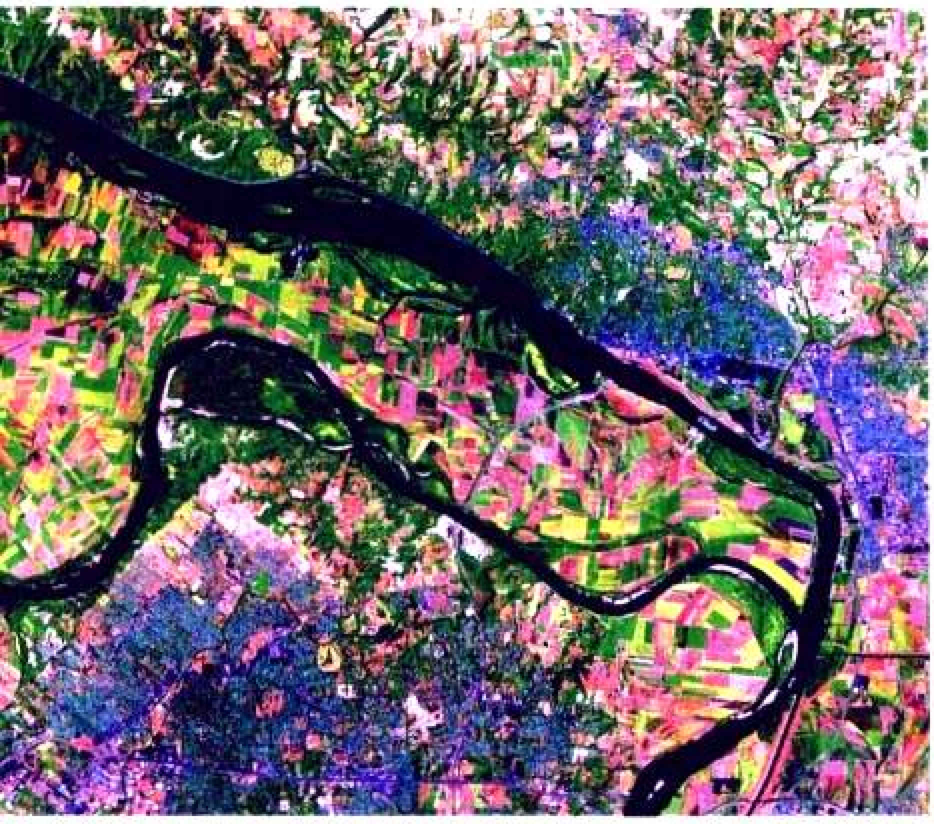
从20世纪70年代开始，卫星收集的信息引起了地图的革命。功能强大的计算机利用卫星相片快速、精确地绘制地图。

图1-11 卫星图像由许多像元组成。以下这张放大的卫星图像显示的是坦帕湾和佛罗里达州的圣彼得斯堡。



卫星制图

从1972年开始，美国发射了一系列用于观察地球表面的陆地卫星。陆地卫星利用电子设备收集地表数据并以计算机数据方式储存。**卫星图像(satellite image)**就是以这些计算机数据为基础的地表图像。陆地卫星环绕地球时可以收集和储存一个宽为185千米的带状地面信息。卫星把数据发射给地面站，那里的计算机将数据转换成地表图像。



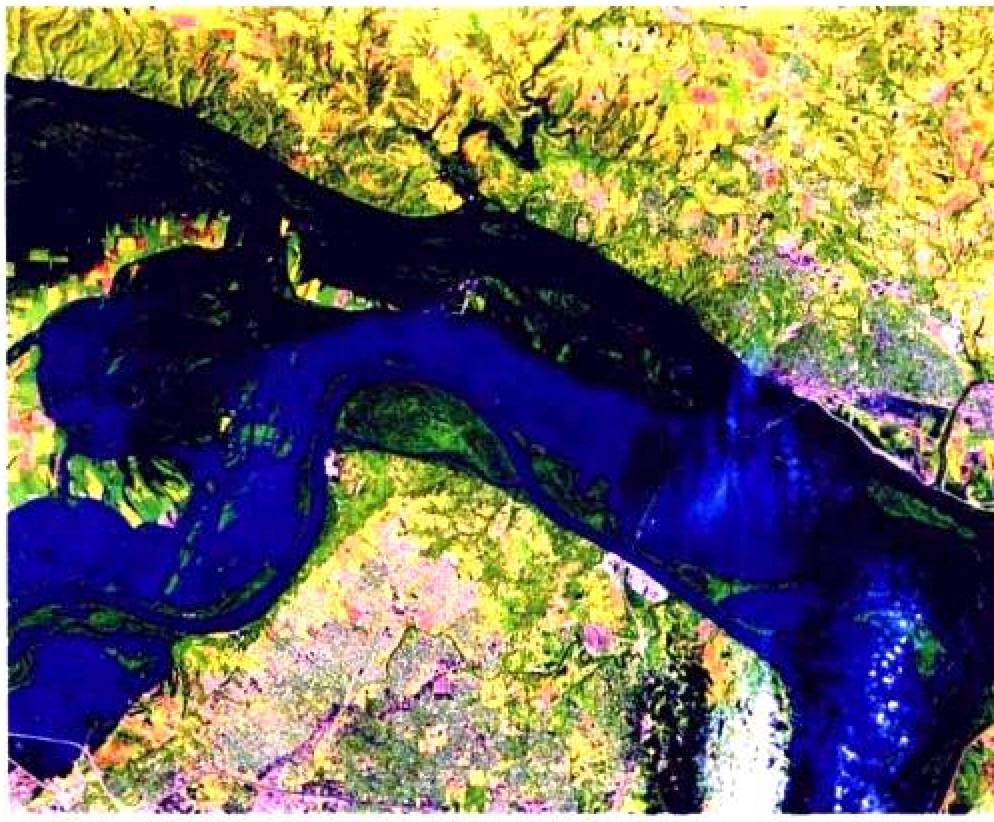


图 1-12　密西西比河和密苏里河部分区域的陆地卫星像片。这是1993年洪水前(左)和洪水期(右)圣路易斯正北面的一个地区。两张图中较大的那条河为密西西比河。两图的上方均指向正北。

推理　*你认为密西西比河和密苏里河之间的陆地地势如何?*

卫星图像可以显示陆地表面的覆盖物——植物、土壤、沙漠、岩体、水体还有冰雪。在卫星图像上也可以看到大型的人文要素，比如城市等。

打印卫星图像　与普通相片不同的是，卫星图像由成千上万的叫做**像元(pixel)**的小点组成。一个像元的颜色由许多彩色小圆点组成。卫星图像中每个像元包含地表小区域的颜色和亮度信息。这些信息以0或1的形式储存于计算机中。在打印卫星图像时，计算机再把数字转换成颜色。

判读卫星图像　科学家通过"标志物"或者某个要素在卫星图像上的形状和颜色来识别该要素。卫星图像上，草、树和庄稼覆盖地区通常为红色，而水是黑色或蓝色的，城市是蓝灰色的。陆地卫星图像可以显示以下这些要素：草地、森林、农作物、沙漠、山地和城市。比较两张不同时间的卫星图像，科学家可以看到由干旱、森林火灾、洪水引起的地表变化。图1-12是洪水前和洪水期的密西西比河河谷的卫星相片。

与环境科学的综合

想一想　**卫星相片中的每个像元包含哪些信息?**

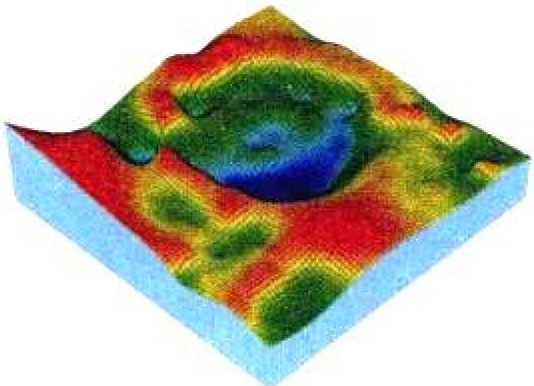
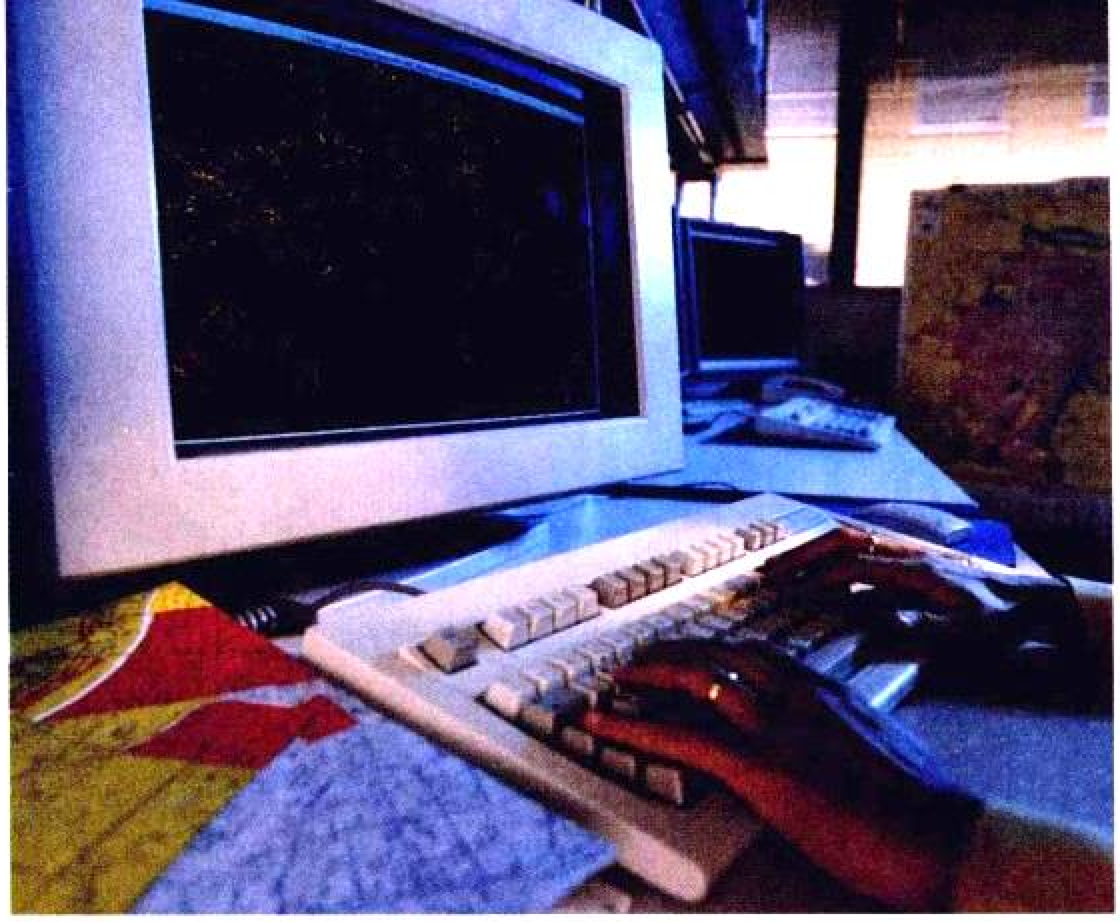


图 1-13 当今，计算机成为绘制高精度地图的重要工具，计算机可以制作如上所示的数字模型。



计算机制图

借助计算机，制图者找到了新的储存和显示地图数据的办法。计算机制图者利用每秒钟更新一次的数据轻松、快捷地绘制地图。

计算机制图用到的资料必须是数字形式的，如卫星图像中的像元。把地图上某点的位置转换为数字的过程叫**数字化(digitizing)**。地图数据一经数字化，就可以在计算机屏幕上显示、修改，还可以以地图形式打印出来。

计算机可以自动生成三维立体图，这种图要是手工画的话，需要几百小时。图 1-13 中的计算机图像可以帮助地质学家寻找到石油。

第三节复习

1. 描述一下陆地卫星是如何收集地球表面的数据的。
2. 计算机以哪两种方式加入制图过程？
3. 计算机制图能利用哪种类型的表格数据？
4. **理性思维　归纳**　用自己的话，说说计算机和卫星是如何提高地图精度的。

身边的科学

现在你在报纸、杂志中看到的大部分地图都利用计算机绘制。和家人一起浏览报纸和新闻杂志，你能找到多少种不同类型的地图？向家人解释地图中的比例尺、符号、图例。仔细阅读地图后，试述地图中的主要信息。

SECTION 4 地形图

探 索 **活 动**

地图能表示地势吗

1. 小心地把 8 张纸板的角剪圆，每张纸板至少比前一张小 1 厘米。



2. 把最大两张纸板的长边修剪成波浪状，修剪宽度不超过 0.5 厘米。
3. 在一张纸上描下最大的那张纸板边。
4. 在已画好的图形内描下第二大纸板的边。注意两条线不要交叉。
5. 同样地由大到小，从外到里地在同一张纸上描下其余纸板的边。
6. 按纸上顺序把纸板重叠在一起。把叠好的纸板与纸上的图形相比，看看它们有哪些相似和不同之处。

思考

建立模型 如果纸板是地形模型，那么纸上的线又代表什么呢？

如果你是一位工程师，要设计一条翻过高山的高速公路路线，你得考虑众多因素。为了设计一条安全的高速公路，你得避开最陡的坡向；为了保证这个地区的供应水，高速公路必须与河流、湖泊保持一定距离；同时，你还得避开房屋和其他建筑。那么怎样才能找到最佳路线呢？你可以从地形图着手。

阅读指南

- 什么是地形图？
- 制图者是如何表示海拔、地形和坡度的？
- 什么是全球定位系统？

阅读提示 阅读过程中，列出有关地形图的主要想法和观点。

画地形图

地形图(topographic map)是显示一个地区地表特征的地图。地形图用符号来表示陆地，就像你从上往下看到的那样。**地形图可以提供地面海拔、地势和坡度的精确信息。**



图1-14 地形图可以为设计高速公路、桥梁和其他大型工程提供所需信息。

数学工具箱

比例尺与比率

比率是两个数相除。比方说，一张地图的比例尺可用比率表示为1∶250 000。在这个比例尺下，地图上两点的测量距离为23.5厘米。怎样求它的实际距离呢？首先，把比例尺写成分数形式

$$\frac{1}{250\ 000}$$

然后，写出一个比例式。用d代表两点间的实际距离。则

$$\frac{1}{250\ 000}=\frac{23.5\text{厘米}}{d}$$

交叉相乘得：

$$1\times d=250000\times 23.5\text{厘米}$$

$$d=5\ 875\ 000\text{厘米}$$

提示： 把厘米转换为千米，要把d除以100 000。

地形图的应用 人们在许多地方会用到地形图。商人利用它来确定什么地方可以建新的商店、房屋和工厂。市政府可以用它来确定什么地方可以建新的学校。地形图在消遣娱乐时也有它的用途。如果你计划骑自行车作一次旅行，你可以用地形图来看看旅途是平坦的还是多山的。

比例尺 地形图常使用大比例尺。大比例尺地图能清楚显示地表部分区域的细部。美国大部分地形图的比例尺是1∶24 000，即图上的1厘米相当于地面的0.24千米。在这个比例尺下，地图可以很清楚地显示出海拔和河流、海岸线等要素。在适当的比例尺下可以看到大型建筑、飞机场、主要高速公路的轮廓。符号可用于表示房子和其他较小的要素。

覆盖面积 大多数国家有专门的编制地形图的政府机构。在美国，这个机构称为美国地质调查局，简称USGS。美国地质调查局已经绘制了57 000张比例尺为1∶24 000和1∶25 000的地形图。除阿拉斯加的部分地区外，这些地图几乎覆盖了整个美国。每张地图覆盖的面积为145平方千米。

符号 地形图使用了大量符号。如果要画一张地图，你会使用哪些符号来表示树林、野营地、果园、沼泽和学校？图1-15是美国地质调查局用来表示以上要素和其他要素的符号。

想一想 ***美国什么机构负责编制地形图？***

图1-15 美国地质调查局在地图中使用了150多种符号。

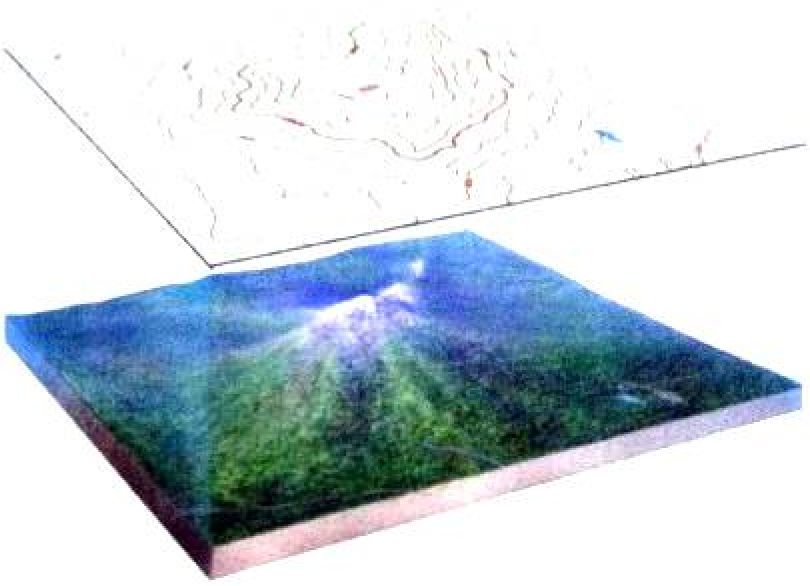
常用地图符号

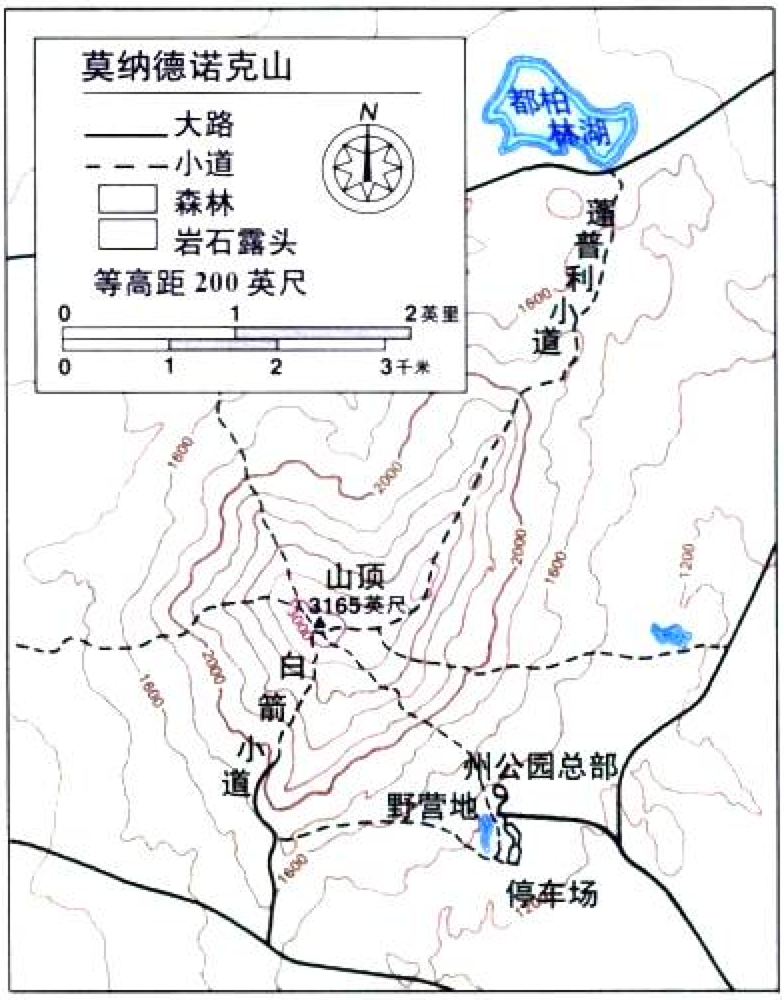
等高线：高程		主要高速公路		河流	
等高线：洼地		次要高速公路		小溪	
建筑物		分开的高速公路		瀑布或急流	
学校；教堂		铁路		沼泽	
建成区		飞机场		基岩或珊瑚礁	
野营地；野餐点		树林		堤坝；码头	
公墓	Cem	果园		露天失事点	



图 1-16　地形图上的等高线表示海拔和地势。

比较　*地形图显示了哪些普通相片上没有的信息？*





在地形图上表示地势

地形图利用等高线来表示海拔、地势和坡度。地形图上的**等高线 (contour line)** 是海拔相等的点的连线。

等高线之间的海拔差叫做**等高距(contour interval)**。一张地图的等高线间距总是相等的。如图1-16的等高距是200英尺。从某条等高线开始向上数10条等高线，所得等高线的海拔比起始等高线要高2 000英尺。通常，每第5条等高线要比其余等高线粗和黑，这些等高线会注有海拔，如海拔1 600或2 000英尺。大部分美国地质调查局绘制的地形图采用英尺而不是米。

看着画满弯弯曲曲等高线的地形图，就好像盯着一碗面条。但是按下一页探索地形图中列出的规则，你就可学会如何读懂等高线。读懂等高线是使用地形图了解一个地区地形的第一步。

增进技能

分析数据　活动

你要登上莫纳德诺克山，利用图1-16中的地形图说出哪条路线较陡，是白箭小道还是蓬普利小道。州公园的总部所在地和山顶的海拔有什么区别？

探索 地形图

地形图提供有关海拔、地势、坡度和地面形状的数据。这是一张美国地质调查局绘制的田纳西州区域图。



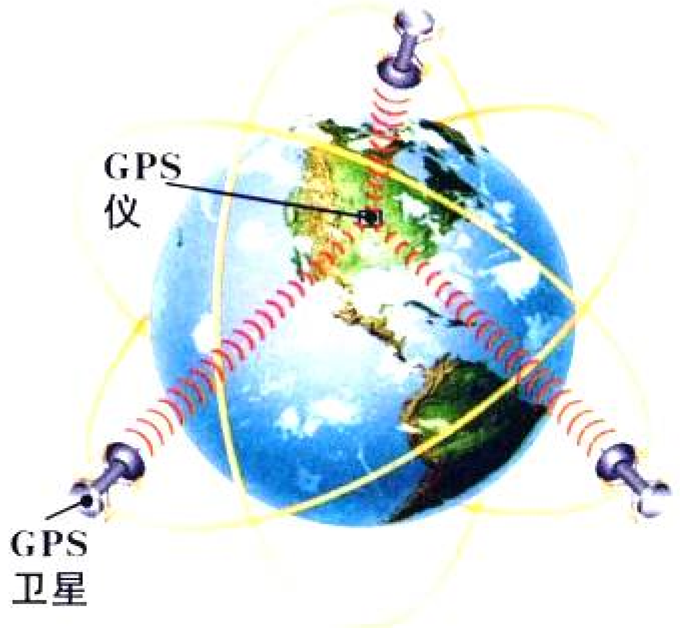
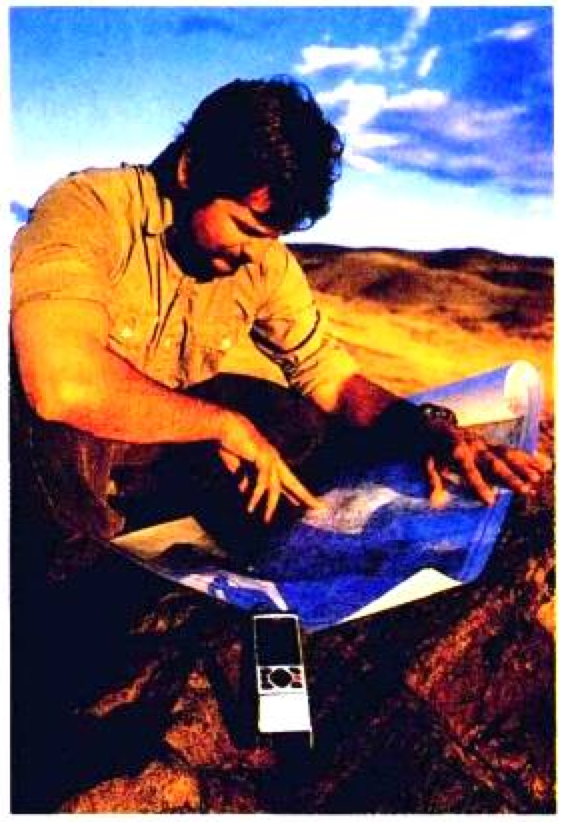


图1-17 GPS网络包括24颗卫星。空中运转的3颗卫星(左图)能准确地确定用户(右图)的方位。用户所在经纬度会在图中便携式GPS仪上显示出来。



全球定位系统

与技术的综合 当今，全球的调查员、飞行员、制图员都依靠**全球定位系统(Global Positioning System，简称GPS)**来精确定位。**全球定位系统利用卫星网络来获得地面某点的经纬度和海拔。**任何时候任何地方都有5～8颗GPS卫星在空中。便携式GPS仪(像室内电话一样大)接收这些卫星发射的信号，GPS仪内的计算机将借此计算出使用者所在的方位和海拔。

工程师可以利用GPS为建筑项目选址。飞行员、海员、旅行者利用GPS来进行飞行、航海、旅行。现在一些汽车也装有GPS仪和一张储存在计算机里的数字道路图。利用GPS，计算机可以确定汽车的位置，找到到达目的地的路线。

第四节复习

1. 地形图可以提供哪些地形信息？
2. 地形图是如何表示海拔和地势的？
3. 一个地区的最高点和最低点在地形图上是什么样子？
4. 全球定位系统中卫星起什么作用？
5. **理性思维** **图解** 请看第32页上的地图，什么地方的海拔最高？什么地方的坡度最陡？什么地方的坡度最缓？

课题 1

检查进度

在一张大纸上，按比例画图。用你在草图上记录的测量结果和前面集体讨论后确定的符号在地图上定下所有的人文和自然要素。在你的地图上加上指北针、图例、比例尺。用等高线和其他表示坡度的符号来表示这个地方的地形。

技能实验室

建立模型

水槽里的地图

地形图是三维地表形态的两维模型。

问题

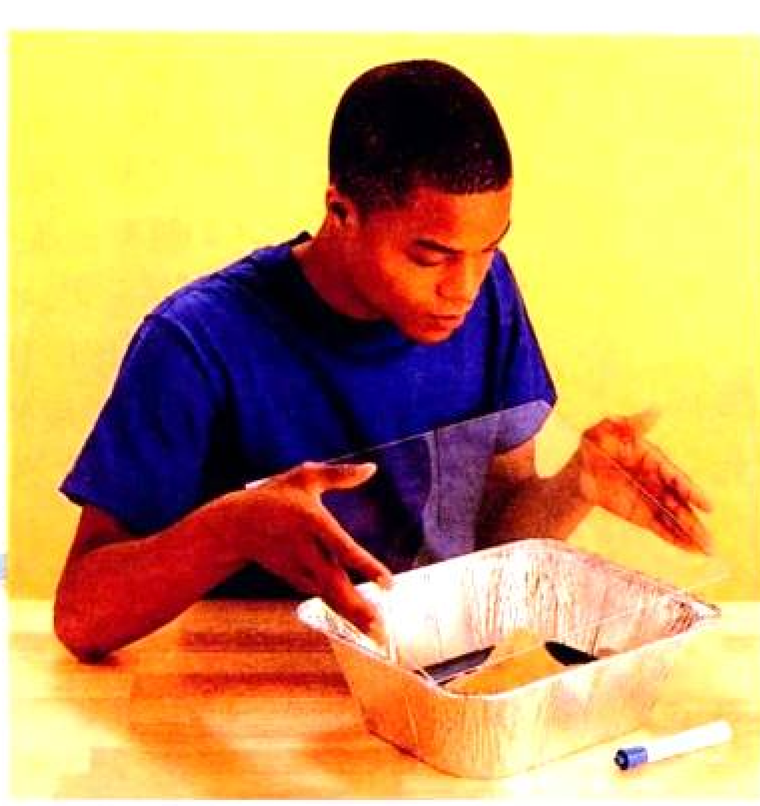
怎样画地形图？

材料

深水槽　　1升水　　记号笔
硬纸板　　干净的厚塑料薄膜
做模型用的黏土　　米尺
一张无线的白纸

实验步骤

1. 剪一张与水槽底部大小相适的纸板。
2. 在纸板上，把黏土塑成一座山的模型。
3. 把模型置于水槽内。往水槽中注入1厘米深的带颜色水代表海平面。
4. 在容器上蒙上一张干净的硬塑料薄膜。
5. 在薄膜上勾画出水槽的轮廓。垂直俯视水槽，勾画出模型周围的水的轮廓。然后移走水槽上的薄膜。



6. 往水槽中再加入一定量的水，使水深达2厘米。再次蒙上薄膜，画下水位。
7. 多次重复第6步。直到下一次加水完全淹没模型为止。
8. 取下薄膜。在白纸上临摹出塑料薄膜上的轮廓。

分析与结论

1. **图解**　根据你画的地形图，怎样知道模型的什么地方是陡坡，什么地方是缓坡？
2. **图解**　怎样知道地图上哪一点是最高点？
3. **图解**　你的地图上有桥梁或小溪吗？
4. **应用概念**　地图上是否有一旦下雨就会积水的洼地？你用什么符号表示这个洼地？
5. **建立模型**　比较地图和黏土模型，它们有哪些相似之处？有哪些不同之处？如何改进你的地图使之如同地形模型？

进一步的探索

找一张含有山地、峡谷、河谷和海岸线等地形的地形图。研究地图上的等高线，画一张你想象中的地面形态的草图。然后用黏土或硬纸板、泡沫板按比例建一个模型。与草图相比，你的模型怎样？

学习指导

SECTION 1 探索地球表面

知识要点

- 地球的地形是由海拔和地势组成的地表形态。
- 三种常见的地表形态是平原、山地和高原。
- 大气圈、水圈、生物圈以及包围地球的岩石外壳——岩石圈。

关键术语

地形	平原	岩石圈
海拔	山地	大气圈
地势	山脉	水圈
地表形态	高原	生物圈
地形区		



SECTION 2 地球模型

知识要点

- 地图和地球仪是按比例将俯视所见的地表要素用符号画出来。
- 由经线和纬线组成的网格可以对地表某点进行定位。
- 制图者可以利用地图投影来展平曲面地球。

关键术语

地图	图例	度数
地球仪	赤道	经度
比例尺	半球	纬度
符号	本初子午线	地图投影

SECTION 3 计算机时代的地图

与技术的综合

知识要点

- 安装在绕地球运行的卫星上的仪器设备对地面进行拍照，得到的相片称为卫星图像。
- 卫星图像包含地表信息，这些信息以0和1的形式储存于计算机中。
- 计算机用来储存和显示绘图所需信息。

关键术语

卫星图像	数字化
像元	

SECTION 4 地形图

知识要点

- 地形图描绘了一个地区的海拔、地势和地表形态的坡度。
- 等高线是地形图上显示海拔和地势的符号。
- 地形图上的等高距就是等高线之间的海拔变化。
- 除了海拔和地势外，地形图还用符号表示其他各种各样的自然和人文要素。
- 全球定位系统是由卫星和地面站组成的网络，它可对地面某点精确定位。

关键术语

地形图	等高距
等高线	全球定位系统

活动

相关网站

www.science-explorer.phschool.com

第1章复习

复习题

选择题

选择最佳答案。

1. 海拔高、地面平坦的地表形态是______。
   a. 滨海平原　　b. 山地
   c. 山带　　d. 高原
2. 在地球的四大圈层中，延伸到其余各圈层的是______。
   a. 岩石圈　　b. 水圈
   c. 生物圈　　d. 大气圈
3. 纬度是______以南或以北的距离值。
   a. 半球　　b. 赤道
   c. 地轴　　d. 本初子午线
4. 为了不让陆地的相对大小和形状发生变形，制图者可以采用______。
   a. 墨卡托投影　　b. 地球仪
   c. 等积投影　　d. 地形图
5. 地形图上，等高线呈V形的是______。
   a. 山顶　　b. 台地
   c. 洼地　　d. 河谷

判断题

如果叙述正确，就写“T”；如果错误，写“F”，并修改划线部分。

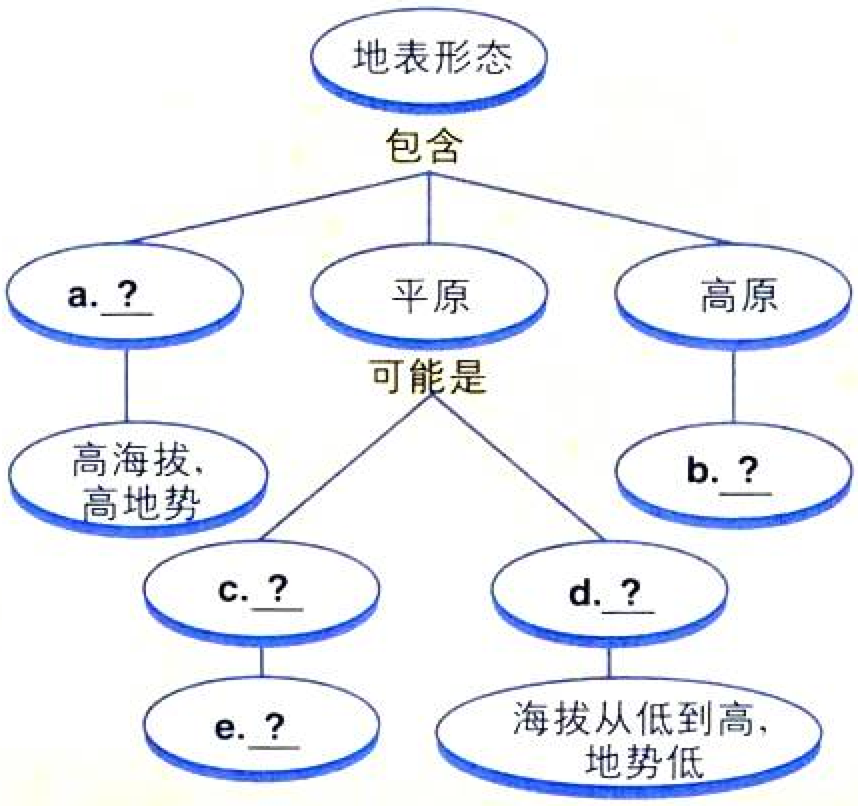
6. 地势是地表形态高于海平面的值。
7. 从本初子午线到南或北极点所通过的距离是90度。
8. 计算机使用经过数字化或以数字形式输入的地表数据。
9. 如果山坡上的等高线比较稀疏，那么坡比较陡。
10. 由带有短线的封闭线圈构成的等高线表示洼地。

简述题

11. 地理学家称地表类型大体一致的地区是什么？
12. 什么是山脉？
13. 比较滨海平原和内陆平原的海拔。
14. 新西兰的南岛位于东经170°，它属于哪个半球？
15. 地图上的等高线会相交吗？解释说明。
16. 要表示地面的一个较浅的、深1.5米的洼地，用1米的等高距还是5米的等高距？解释说明。
17. **科技写作** 和家人一起沿着北纬35°经线开车作一次穿越美国的旅行。给你的朋友发一些明信片，在明信片上描述你在旅途中看到的地表形态。用美国地形图来核实旅途中经过的地方是什么样子。

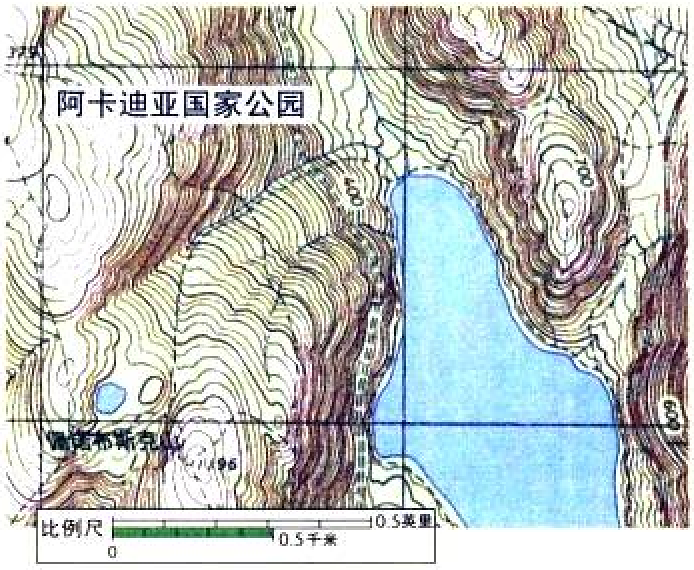
形象思维

18. **完图填空** 把关于地表形态的概念图抄到一张单独的纸上，然后完成这道题并给它加一个标题。



应用技能

图中是缅因州阿卡迪亚国家公园的一部分。等高距为20英尺。根据地图回答 19～21 题。



19. 图解 图中大湖的海拔是多少？

20. 计算 利用地图比例尺，计算从佩诺布斯克山顶到大湖的距离。

21. 推理 小溪是流进大湖还是流出大湖？你是怎么知道的？

理性思维

22. 应用概念 地球直径大约13 000千米。如果一个地球仪直径为0.5米，写出这个地球仪的比例尺。地球仪上1厘米相当于地球上多长的距离？

23. 推理 一架飞机以每小时 1 000千米的速度向西飞行。飞行方向保持不变，一个小时后飞机回到起始点。参考经纬线，你认为飞机是沿哪条路线前进的？请解释说明。

24. 观察 用地图集查出加利福尼亚州的圣弗朗西斯科、堪萨斯州的威奇托和弗吉尼亚州的里士满三个城市有什么共同点。

25. 对比 利用计算机绘制的地图与用早期的制图技术绘制的地图有哪些不同之处？

26. 解决问题 社区想为来自世界各地的动物们建一个动物园。如何利用本区地形图帮助选择建动物园的最佳地点？

学习评估

课题1 总结

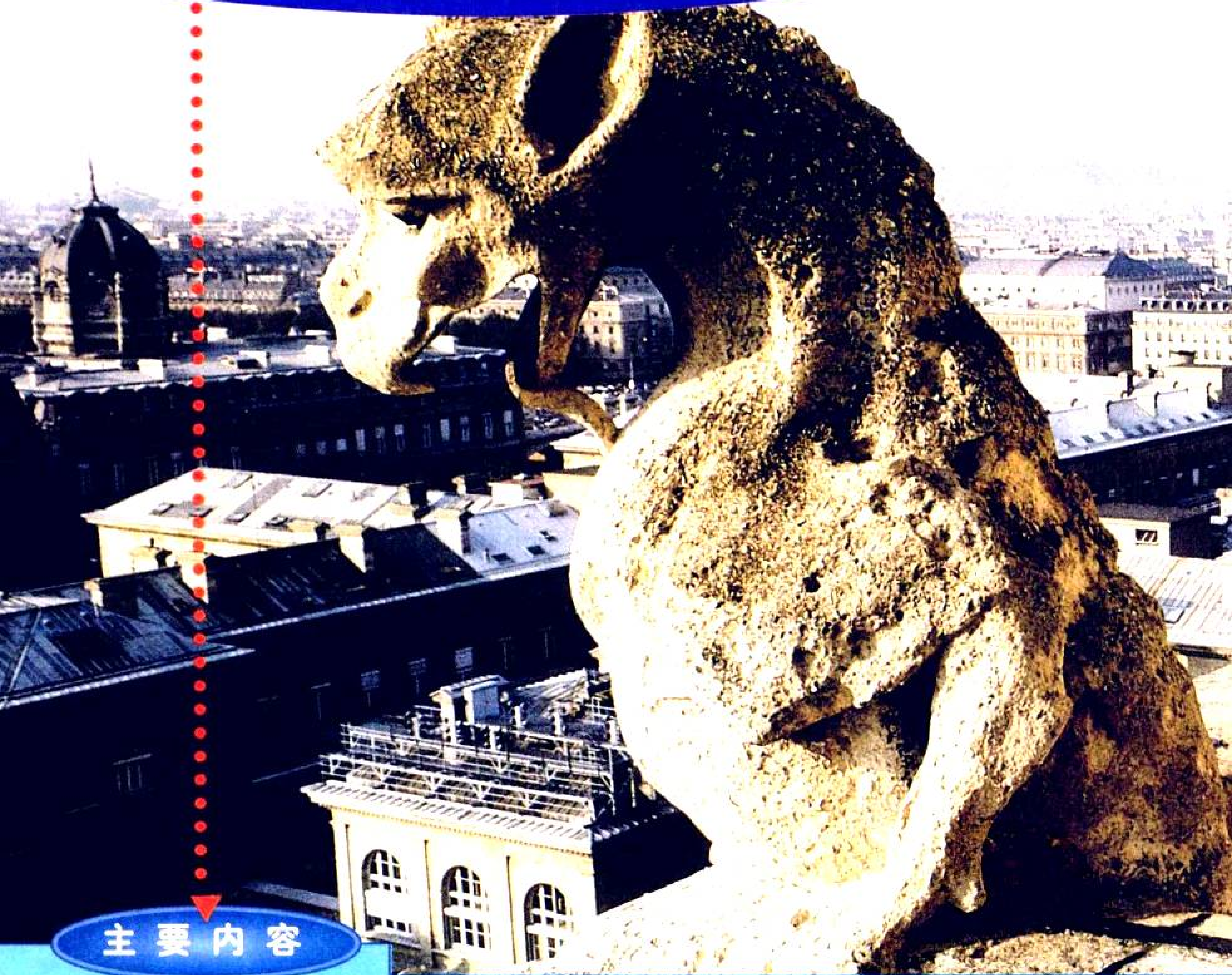
实验汇报 在课堂上递交你的地图，讨论地图上的自然要素，你用了哪些符号来表示这些自然要素？你是如何在地图上对它们进行测量定位的？请教同学是否可以把你的地图画得更好。

思考与记录 对你的地图做一个恰当的评价。地图的什么地方需要改动，什么地方可以保持不变？其他同学能从你的地图上得知所选区域的样子吗？

实践活动

在学校 用你学到的有关地图的知识按比例为新同学画一张学校地图，其中要包括新同学想要知道的所有要素，如咖啡厅和教务处。地图上还要有一个包括所有符号的图例。

第二章 风化与土壤的形成



主要内容

SECTION 1 岩石和风化

探索 起泡有多快

试一试 生锈

技能实验室 岩石震动

SECTION 2 土壤的形成和成分

探索 什么是土壤

增进技能 预测

试一试 1 平方米的土壤

生活实验室 土壤的比较

SECTION 3 土壤保护

与环境科学的综合

探索 如何保持土壤不被冲刷

课题 2

孕育种子的土壤

在巴黎的高处，风化侵袭着有几百年历史的石灰岩雕像。风化过程影响所有暴露于地球表面的岩石，它将岩石破碎成越来越小的颗粒。当其他成分，如腐烂的植物和动物与岩石碎屑混在一起时，混合物就被称为土壤。在这一章，你将测试土壤和其他生长原料如何影响植物的生长。

课题目标 确定土壤构成物如何影响豆类种子的生长。

要完成这个课题，你必须

- 检查不同生长原料和比较它们的大小、形状和组成物质。
- 比较豆类种子在几种不同的生长原料情况下如何生长。
- 确定什么类型的土壤和生长原料最适合你的豆类植物。

课题准备 与你的小组成员集体讨论实验中要选用的土壤与生长原料种类，并思考如下问题：影响植物生长的不同变量是什么？在实验中如何控制这些变量？如何测定豆类植物的生长？设计实验并获得教师的认可。

检查进度 在学习本章内容的同时完成这个课题。为了按时完成课题，你可以在学到以下几个地方时检查你的进展。

第二节复习 第55页：描述你收集的不同的生长原料和豆类种子。

第三节复习 第60页：观察和记录豆类植物生长的结果。

总结 在本章结束时(第63页)，你将向班级提交你的结论，分析在不同类型的生长原料下豆类植物的生长情况。



这些在法国巴黎圣母院上的石头怪兽，由于风化而遭到侵蚀。

SECTION 1

岩石和风化

探索 活动

起泡有多快

1. 将一片能起泡的抗酸性药片放入烧杯。然后碾碎第二片药片并放入另一烧杯。完整的药片象征完整的岩石，碾碎的药片象征岩石碎屑。
2. 向烧杯中加入100毫升热水，浸没完整的药片，然后用搅拌棒搅拌直到药片完全溶解，用秒表记录所需时间。



3. 向烧杯中加入100毫升热水，浸没被碾碎的药片，然后进行搅拌，直到完全溶解，记录所需时间。

思考

推理 哪个溶解更快，是完整的药片还是碾碎的药片？是什么变量影响了两者溶解速度的不同？

阅读指南

- 什么引起机械风化？
- 什么引起化学风化？
- 什么决定风化的速度？

阅读提示 阅读时，将标题制作成一个有关风化的大纲。

请想象一次远足，要持续几个月，行程数百千米。每年都有许多远足者在进行这样的旅行，他们行走在美国大山脉中的条条小道内，如沿着内华达山的约翰缪尔小道。内华达山在加利福尼亚东边，绵延约640千米。在美国东部，还有一条阿巴拉契亚小道，它沿着阿巴拉契亚山脉，从亚拉巴马州到缅因州，绵延2 000多千米。

两条小道穿越了不同的景观。内华达山岩石裸露而陡峭，许多山峰海拔高度在3 000米以上。阿巴拉契亚山更浑圆、坡度缓和、覆盖着土壤和植物，其最高的山峰高度不及内华达山最高峰的一半。你认为哪座山脉更古老？阿巴拉契亚山脉形成于2.5亿年以前，内华达山的年龄不超过1 000万年。阿巴拉契亚山脉岩石所经历的风化作用历时更长。

风化影响

造山运动将岩石挤迫到地表，岩石因暴露而受到风化。**风化 (weathering)** 是在地表发生的岩石和其他物质的破碎过程。热、冷、水和冰，以及大气中的氧和二氧化碳都与风化有关。如结冰与融化周而复始能将岩石破裂成碎粒，雨水能溶解岩石中的无机物。你不需要去山地观察风化，侵蚀岩石的力也能引起自行车生锈、油漆脱落、人行道出现裂缝、路面形成凹坑等现象的产生。





图 2-1 锯齿形、岩石裸露的内华达山（左）是年轻的、坡度缓和的阿巴拉契亚山（右）则已经遭受了2.5亿年的风化。

风化作用将岩石破碎成越来越小的颗粒，然后侵蚀作用将碎屑冲走。**侵蚀（erosion）**是通过风、水、冰或重力搬运岩石碎屑物。风化和侵蚀共同持续作用将地表的岩石碎屑冲蚀和带走。

风化有机械风化和化学风化两种。两种风化作用都很缓慢，但只要有足够的时间，它们能将最大最硬的岩石分解。

☑ **想一想** *风化与侵蚀有什么不同？*

机械风化

如果你用铁锤敲击岩石，岩石也许就会被击成碎块。跟铁锤一样，一些风化作用也能将岩石破碎成碎片。岩石由于物理作用而破碎的风化称为**机械风化（mechanical weathering）**。这些破碎下来的小块碎岩石与原来的岩石体有相同的物质组成。当你看到岩石一层层破裂和剥离，其实就看到了正在进行之中的机械风化。

机械风化通过结冰与融化、加热与冷却、植物的生长、动物活动和磨蚀将岩石分解成碎片。 **磨蚀（abrasion）**是指被水、冰、风或重力带来的岩石碎屑对岩石的磨擦。机械风化作用虽然缓慢，但经过较长的时间，它确实能磨蚀掉岩石，甚至是整座大山。

与物理学的综合 在较冷的气候条件下，机械风化最重要的力是水的结冰与融化。水渗入岩石的缝隙，当温度下降时结冰。水结冰时体积膨胀。冰的作用像一个楔子——一种简单的能使物体分裂的机械工具，使岩石中的缝隙加宽加深，这个过程称为**冰楔 (ice wedging)**。冰融化后，水渗入岩石的更深处。通过不断地结冰和融化，缝隙慢慢地扩大，直到岩石块剥落。探索机械风化作用显示了风化岩石过程。

想一想 ***冰楔如何风化岩石？***

探索 机械风化作用

机械风化影响地表上的所有岩石。只要有足够的时间，机械风化能将巨大的山脉剥蚀成细小的沙粒。



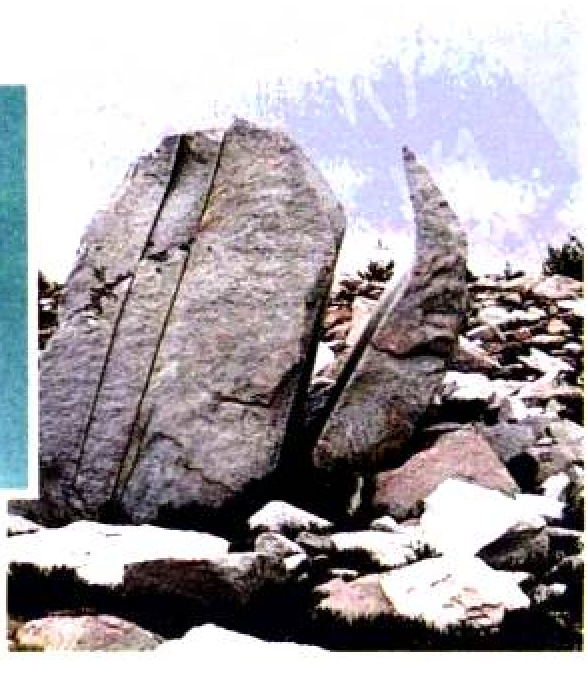
加热与冷却

太阳或森林大火能比地球内部更快地使地表岩石加热，这导致岩石外部形成像洋葱一样的薄片层。雨使被加热的岩石突然冷却，从而引起岩石破裂。

结冰与融化

当水在岩石缝隙内结冰，体积膨胀使缝隙变大。冰楔过程也能使人行道的缝隙加宽，产生街道上的凹坑。





化学风化

除机械风化外，还有一种风化侵袭着岩石。**化学风化(chemical weathering)**是通过化学反应破碎岩石的一个过程。**化学风化作用物包括水、氧、二氧化碳、生物有机体和酸雨。**

化学风化所产生的岩石碎粒的矿物组成不同于原来的岩体。每种岩石由一种或多种矿物组成，如花岗岩由长石、石英和云母三种矿物组成，而化学风化会将组成花岗岩的长石变为黏土。

植物生长

树根和其他植物的根深入岩石中的缝隙。根生长使缝隙进一步加大，久而久之，即使是小植物的根也能撬开岩石的缝隙。





磨蚀

被风、水或冰挟带的沙和其他岩石碎粒能侵蚀裸露的岩石表层，就像砂皮作用于木头。风挟带的沙塑造了图片中的岩石形状。



动物作用

穴居的动物包括鼹鼠、金花鼠、草原犬鼠和一些昆虫，它们能松动和破碎土壤中的岩石。



图 2-2 当岩石被风化破碎后，暴露的表面积更多，风化程度进一步加深。

化学风化在岩石中形成洞穴或柔软的斑点，使得岩石更容易破碎。化学风化与机械风化经常一起作用。当机械风化将岩石破碎成小块，使得更多的岩石表面积被暴露于化学风化之中。这一节的探索活动将显示岩石表面积的增加如何影响化学风化速率的增加。

水 水是化学风化中最重要的物质。水通过溶解作用风化岩石。当岩石或其他物质溶解于水时形成溶液。随着时间的流逝，许多岩石会溶解于水。

氧气 空气中的氧气是引起化学风化的重要原因。如果你曾经将自行车或金属工具遗留在雨中，你就会发现氧能够风化铁制品。铁在水中与氧结合的过程称为氧化作用。氧化作用的生成物是锈。含铁的岩石也会氧化或生锈。锈使岩石变软、易碎，并使之变红色或棕色。

二氧化碳 大气中的另一种气体二氧化碳也能引起化学风化。二氧化碳溶解于雨水中或土壤空隙的水中，结果变成弱酸，称为碳酸。碳酸容易风化大理石和石灰石。

生物有机物 想象一粒种子落在岩石上，发芽时，它的根扎入岩石的缝隙中。植物的根生长时，会产生出弱酸，慢慢地溶解根周围的岩石。青苔——植物式的有机物，生长于岩石上。它也能产生弱酸，从而风化岩石。

酸雨 在过去的150年中，人类已经烧掉了大量的煤、石油和天然气。燃烧这些燃料会产生硫黄、碳和氮化物，污染大气。这些混合物在云中与水蒸气产生化学反应，形成酸。酸混合雨滴一起落下形成酸雨。酸雨导致快速的化学风化。

与环境科学的综合

试一试

生锈

活动

如何观察风化：

1. 将钢丝绒弄湿，放入一个密封的容器，不让其干燥。
2. 几天后观察钢丝绒，你发现了什么？
3. 拿一个新的钢丝绒，用手挤压。拿出容器内的钢丝绒，并用手进行挤压。发生了什么现象？完成后洗手。

预测 如果让钢丝绒保持潮湿的时间更长，最后将发生什么情况？钢丝绒是怎样像岩石风化般风化的？

风化的速率

参观过新英格兰历史公墓的人会注意到一个令人吃惊的现象：18世纪的板岩墓碑比19世纪的大理石墓碑风化更少，更容易辨认墓志。这是为什么？**决定风化速率最重要的因素是岩石的类型与气候。**

岩石的种类 一些岩石比另一些风化更快。岩石中的矿物质组成决定了其风化的速率。由不易溶解于水的矿物质组成的岩石风化较慢，由易溶解于水的矿物质组成的岩石风化较快。

一些岩石易风化是因为其渗透性。**渗透性(permeable)**指岩体充满细小的、相互贯通的气孔，能使水渗入。渗透性岩石化学风化速率快，为什么？这是因为当水渗透过岩石中的气孔时，带走了由于风化而形成的可溶解的物质。

气候 气候是一个地区的平均天气状况。在湿润气候条件下化学风化与机械风化加快。降水提供了化学变化中所需要的水，也为结冰与融化提供了条件。

高温条件能加快化学反应。这就是化学风化在湿热气候条件下速率更快的原因。例如，花岗岩是非常坚硬的岩石，由熔岩在地球内部冷却而形成。花岗岩在寒冷的气候条件下风化缓慢，因此经常被用做建筑材料。但在湿热气候条件下，花岗岩风化较快并最终成为碎屑。

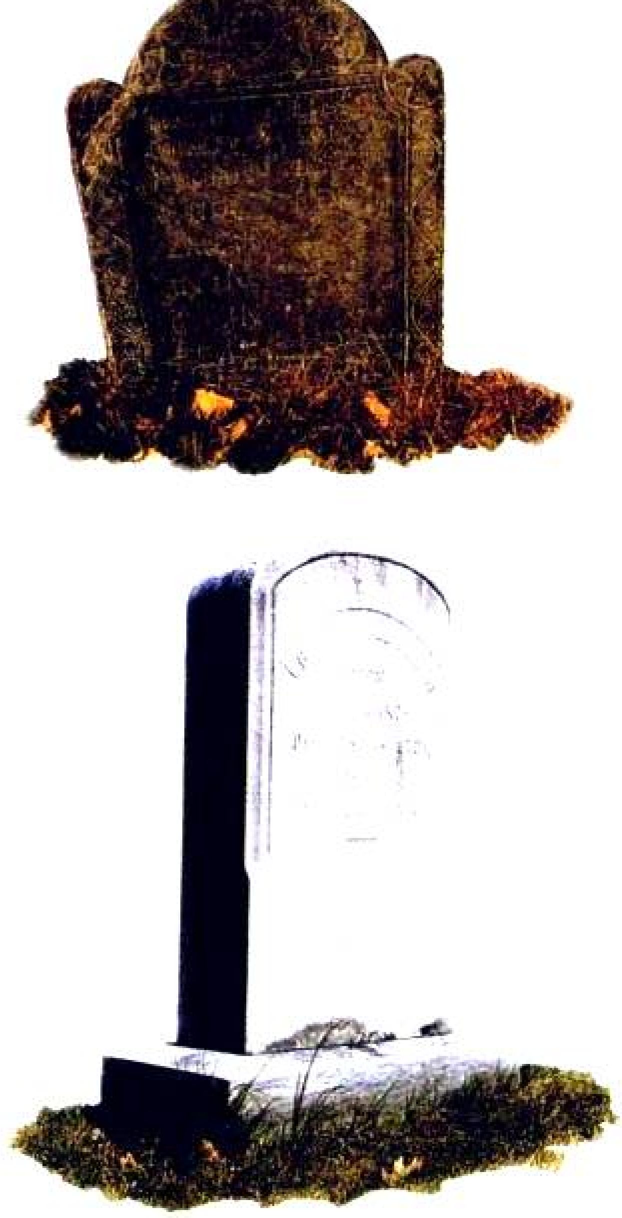


图2-3 墓碑的风化速率取决于不同的岩石类型。板岩(上图)抗风化性比大理石(下图)好。
推理 *哪种风化可能磨蚀掉大理石墓碑上的字？*

第一节复习

1. 哪些因素引起机械风化？
2. 试述引起化学风化的三个因素。
3. 哪些因素影响风化速率？
4. 解释为什么在湿热气候条件下的化学风化快于干冷气候条件下的化学风化。
5. **理性思维** **预测** 假定你看到一块有缝隙的巨砾。如果在几百年后你又能观察到它，你希望能看到什么？请加以解释。

身边的科学

这里将介绍如何向你的家人示范一种风化作用。用一小块黏土塞住麦秆吸管的一端，往吸管中注满水，塞住吸管的另一端，确保黏土塞无渗漏。选择一个有冰冻的夜晚，将吸管平放于室外过夜，第二天移动吸管，黏土塞将怎么样？什么过程产生这一结果？处理掉吸管，确保其不再被用于喝饮料。

变量控制

岩石震动

你认为哪种风化更快，是被植物酸侵蚀的岩石还是在湍急小溪中的岩石？许多因素影响着岩石风化的速率。在这个实验中，你将比较不同条件下的风化速率。

问题

震动与酸性条件如何影响石灰石风化速率？

材料

300毫升水　天平秤　纸巾
不透明胶带　2块薄布
记号笔　300毫升醋（一种酸）
有刻度的塑料圆柱形量筒，250毫升
80小块浸透水的石灰石
4个不透水、能拧紧盖子的塑料容器，500毫升

实验步骤

第一步——第1天

1. 用不透明胶带给4个500毫升的容器贴上A、B、C和D标签。
2. 将80小块石灰石分成4堆，每堆20块。
3. 在你的笔记本上做一个数据表。将第一堆20小块石灰石放在天平秤上，称出它们的质量，记录在数据表上。再将其放入容器A中。
4. 重复3，将另3堆石灰石分别放置于容器B、C和D中。
5. 分别向容器A和容器B加入150毫升水，盖上盖子。
6. 分别向容器C和容器D加入150毫升醋，盖上盖子。
7. 预测对这些石灰石风化的影响，哪个风化更多，在水中的石灰石还是在醋中的石灰石？预测震动对容器B和容器D中石灰石的影响。将你的预测记录在笔记本上。

   提示： 醋是一种酸。
8. 让石灰石浸泡过夜。

容　器	总质量 第一天	总质量 第二天	质量的变化量	质量变化百分比
A（水、无震动）				
B（水、震动）				
C（醋、无震动）				
D（醋、震动）				

第二步　　第 2 天

9. 将容器 B 和 D 的盖子拧紧，摇动容器 10～15 分钟，每个容器的摇动时间与摇动强度必须相等。摇动后，将容器放置一边，不要摇动容器 A 和容器 C。

10. 打开容器 A 的盖子，将薄布放在开启的容器口上，细心地将水通过薄布倒出，不要让石灰石块与水一起倒出。取出石灰石块，擦干，称出质量并记录在数据表上。

11. 接下来，确定容器 A 中有多少石灰石由于风化而流失。

    提示：第一天的石灰石质量减去第二天的石灰石质量。

12. 重复 10、11，记录容器 B、C 和 D 的情况。

分析与结论

1. **计算**　计算每个容器中 20 小块石灰石质量变化百分比。

$$\text{变化率}(\%) = \frac{\text{变化的质量} \times 100}{\text{开始时的总质量}}$$

将结果填入表中。

2. **分析数据**　你的数据是否表明每个容器的 20 小块石灰石的质量发生了变化？

3. **分析数据**　有没有哪个容器中石灰石质量变化比其他容器要大？解释原因。

4. **得出结论**　你预测的震动与酸影响石灰石风化的正确性如何？解释原因。

5. **提出假设**　如果你的数据表明在一个容器中的石灰石质量变化很大，如何解释这个现象？

6. **得出结论**　根据数据，你认为哪种因素对石灰石的分解起着更大的作用，醋或震动？解释原因。

7. **交流**　写一小段话，说明为什么你要用到两个无震动的容器，以及为什么你必须小心地使其他两个瓶子震动的时间相同。

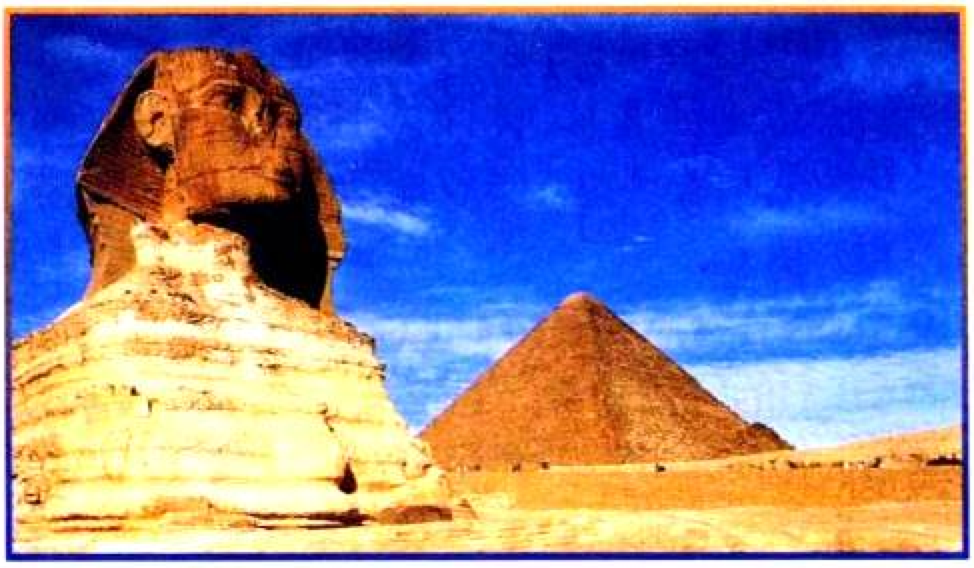
实验设计

如果改变可变因素，你这次实验的结论是否会改变？如浸泡和摇动更长的时间，或被测试的岩石与石灰石不同。你也可以增加石灰石的数量（一堆 30 小块而不是 20 小块），看看是否会有不同的结论。设计一个关于风化速率的实验，测定这些可变因素对风化作用的影响。你的设计须经教师同意方可实行。



保护石像遗迹

狮身人面像蹲伏在埃及金字塔边的沙漠中，这就是伟大的斯芬克司，大约在4 500年以前用石灰岩雕刻而成。几千年来，由于水、风和沙的侵蚀，斯芬克司的脸已被磨蚀了许多。19世纪，人们清除了对斯芬克司起保护作用的沙，风化又开始侵袭新的暴露部分，薄片甚至大石块从塑像上剥落。工作人员试图用水泥对其进行修复，但修复减弱了塑像的魅力，改变了塑像的形状。



辩论

建筑应该被修复？ 在全世界，风化威胁着许多古老的石碑。大气污染和雨水使石块风化加速。但有一些方法能在不改变和破坏石碑的前提下减弱风化影响。1998年，埃及的工作人员完成了对斯芬克司一项新的修复。他们搬走以前的水泥，用同样大小与重量的、新的人工切割石灰石块置换危险石块，新石块将有助于保护原有的遗迹。现在，访问者看到的是原有的塑像和用原有的材料修复后的塑像。新修复后的塑像保持了塑像的原貌。

大多数人希望斯芬克司与其他的石像遗迹被修复，但修复需要时间并且非常昂贵，有时修复工作能危害或改变原有建筑的风貌。

新技术能减缓风化？ 技术的进步可以提供一些措施。对于斯芬克司，科学家测量了风向、风速和大气湿度，这些信息有助于科学家跟踪风化的过程和提供数据，从而避免更大的危害。类似的措施适用于其他石像遗迹的保护。

其他一些科学家正在致力于用化学混合物加固和修复岩石的表层。到目前为止，他们已发明一种混合物能很好地粘住沙岩，但对大理石或石灰岩还无能为力。

人类能做什么？ 维修和修复不是惟一的选择。有些人认为古老的石像在被考古学家挖掘后应该重新埋于地下。有人建议斯芬克司就应该被再埋入沙漠中，以保存更长的时间。但是学者、考古学家和旅游者反对这么做。在人们寻求解决方法的同时，雨、风、阳光和大气污染继续损害着古建筑。

你的观点

1. 确定议题

用自己的语言，解释保护古石像遗迹的困难。

2. 分析观点

罗列保护古建筑和古石像遗迹的方法，注意维修工作、技术和其他手段的利弊。

3. 得出结论

制定一个保护你所在城市石像的计划。以书面形式给市长或镇议会提建议。

SECTION 2

土壤的形成和成分

探索 活动

什么是土壤

1. 用牙签将土壤样本分为单独的细小的微粒，借助放大镜观察，努力确定样本中的不同微粒。完成后洗手。
2. 为土壤样本写一个“配方”，命名你认为土壤包含的每一种“原料”，包括组成土壤所需的每种“原料”的百分比。
3. 与同学比较你的“配方”。



思考

概括 根据你的观察，如何定义土壤？

一块光秃秃的岩石的表面似乎难以生长植物。但仔细观察，在这坚硬的表层有不少细小的缝隙。许多年后，机械风化与化学风化将慢慢地使缝隙扩大。雨水和风将带来一些被风化的岩石、灰尘和干燥的树叶。风也能带来细小的种子。在足够的湿度条件下，种子将生根发芽。然后，几个月后，当植物开花，岩石就像突然有了鲜花。

- 土壤怎么形成？
- 土壤由哪些物质组成？
- 土壤形成中动植物起了哪些作用？

阅读提示 阅读前，用如何、什么、什么地方、为什么的问题形式重写标题，然后在阅读中寻找答案。

土壤的形成

与花园中又厚又肥沃的土壤相比，岩石缝隙中的土壤几乎可以说是没有。但土壤最初就是从缝隙中风化的岩屑和其他物质开始形成的。**土壤(soil)**是地球表层松散的风化物质，支撑植物生长。**当地表岩石被风化破碎并与其他物质混合时，土壤便开始形成。**

无论何地，只要基岩裸露，土壤就能形成。**基岩(bedrock)**是土壤下面的固体岩层。一旦裸露地表，基岩逐渐风化成越来越小的微粒，成为土壤的母质。



图2-4 岩石中的缝隙能容纳植物生长所需要的土壤。

土壤成分

土壤就是被风化的基岩的微粒。土壤是岩石微粒、无机物、腐殖质、空气和水的混合物。

任何土壤中岩石微粒与无机物的种类取决于两个因素：被风化形成土壤的基岩和风化的类型。组成土壤的沙、粉砂和黏土都来自于风化的岩石。

土壤中的腐蚀有机物是腐殖质。**腐殖质 (humus)** 是动植物腐烂时产生的黑色物质。腐殖质有助于在土壤中为水和空气创造空间，这是植物生长所必需的。腐殖质也丰富了植物生长必需的氮、硫、磷和钾。

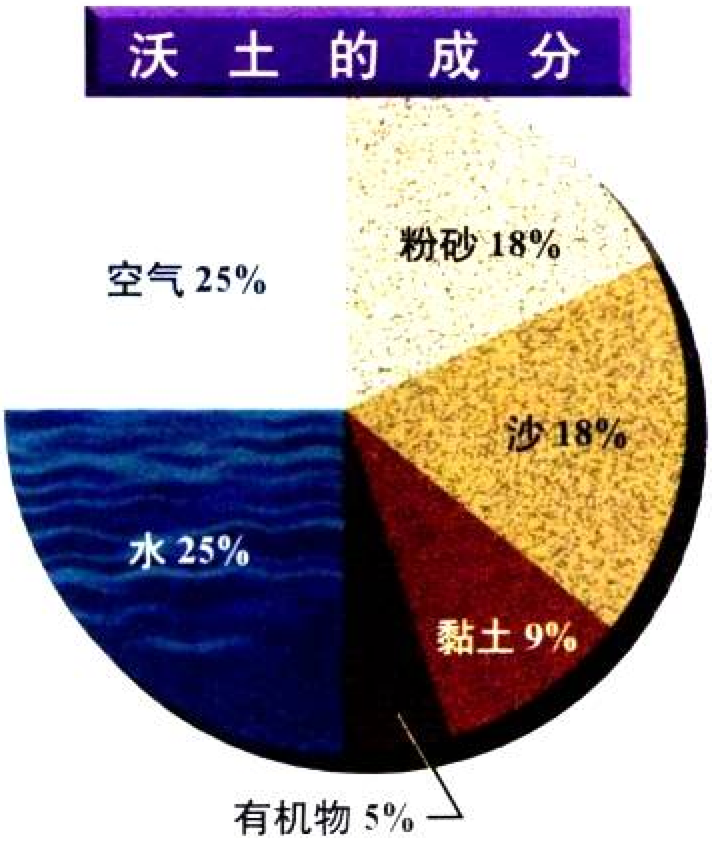


图 2-5 沃土是土壤的一种，由空气、水、有机物和风化的岩石组成。

图解 *哪两种物质是沃土的主要组成部分?*

土壤质地

沙粗糙有粒感，黏土光滑而柔软，这都在于其质地的不同。土壤的质地由土壤微粒的大小所决定。

根据大小，可将土壤中的岩石微粒进行分类。如图2-6，最大的土壤颗粒是砂砾。砂砾可以是小的卵石，也可以是大的巨砾。其次是沙，接着是比沙小的粉砂，最小的土壤微粒是黏土。黏土比一句句子后面的小黑点还要小。

土壤质地对于植物生长是重要的。黏土较多的土壤紧密、厚重。一些黏土质土壤容纳了大量的水，植物由于缺乏空气而不能生长。相反，沙土质地粗糙，水能很快流走，植物因缺乏水同样会死亡。

由比例大致相同的黏土、沙和粉砂组成的土壤称为**沃土 (loam)**。它有疏松的质地，能容纳空气和水。沃土对大部分植物生长都是最好的。

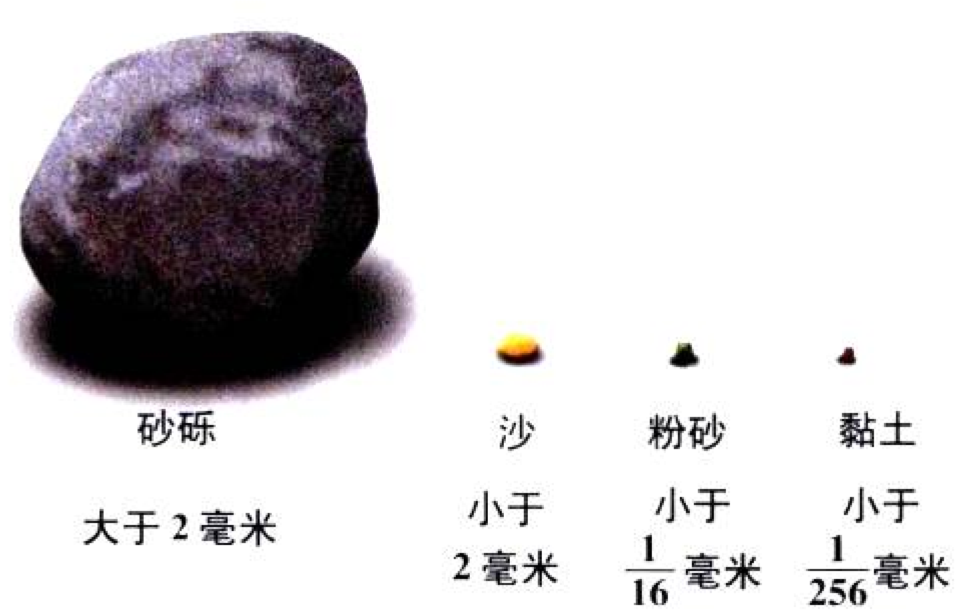


图 2-6 根据大小，从砂砾到黏土的排列。土壤微粒由于太小以致不能被肉眼看清楚，图中沙、粉砂和黏土已被放大。

土壤层

土壤形成要持续很长时间。慢慢地，土壤发育成称为土壤层的层状结构。一个**土壤层(soil horizon)**的颜色和质地与它的上、下层土壤不同。

如果在地上挖一个半米深的洞，你就会看到不同的土壤层。图2-7表明土壤学家如何将土壤分为三层。A层由**表土层(topsoil)**组成，易松动，暗褐色，是一种由腐殖质、黏土和其他无机物组成的土壤。B层，通常称之为**亚土层(subsoil)**，由黏土和其他从A层淋滤下来的碎粒组成，几乎没有腐殖质。C层仅包含部分风化的岩石。

☑ **想一想** ***什么是土壤层?***

土壤形成的速率

土壤形成的速率取决于气候和岩石的类型。前面已经讲过，在温暖、降水量大的气候条件下风化最快。因此，在这些地区土壤发育也是较快的。相对而言，在干冷气候条件下风化和土壤的形成是缓慢的。

有的岩石风化和形成土壤快于另一些岩石。如石灰岩风化快于花岗岩。因此，石灰岩形成土壤快于花岗岩。

增进技能

预测

活动

园丁经常通过增加原料而改进土壤。这些增加的原料改变了土壤的成分，增加了土壤的肥力或提高了土壤的蓄水能力。如园丁可以增加肥料(部分腐烂的树叶)于沙质土壤。你知道肥料是如何改变沙质土壤的吗?

图2-7 土壤层形成三步曲

1. 基岩风化和岩石破碎成土壤微粒，C层形成。

2. 植物根系机械和化学风化岩石时，A层从C层中发育而成。植物也增加了土壤中的有机物质。

3. 当降水淋滤A层黏土和无机物到B层时，B层发育。



土壤中的生命

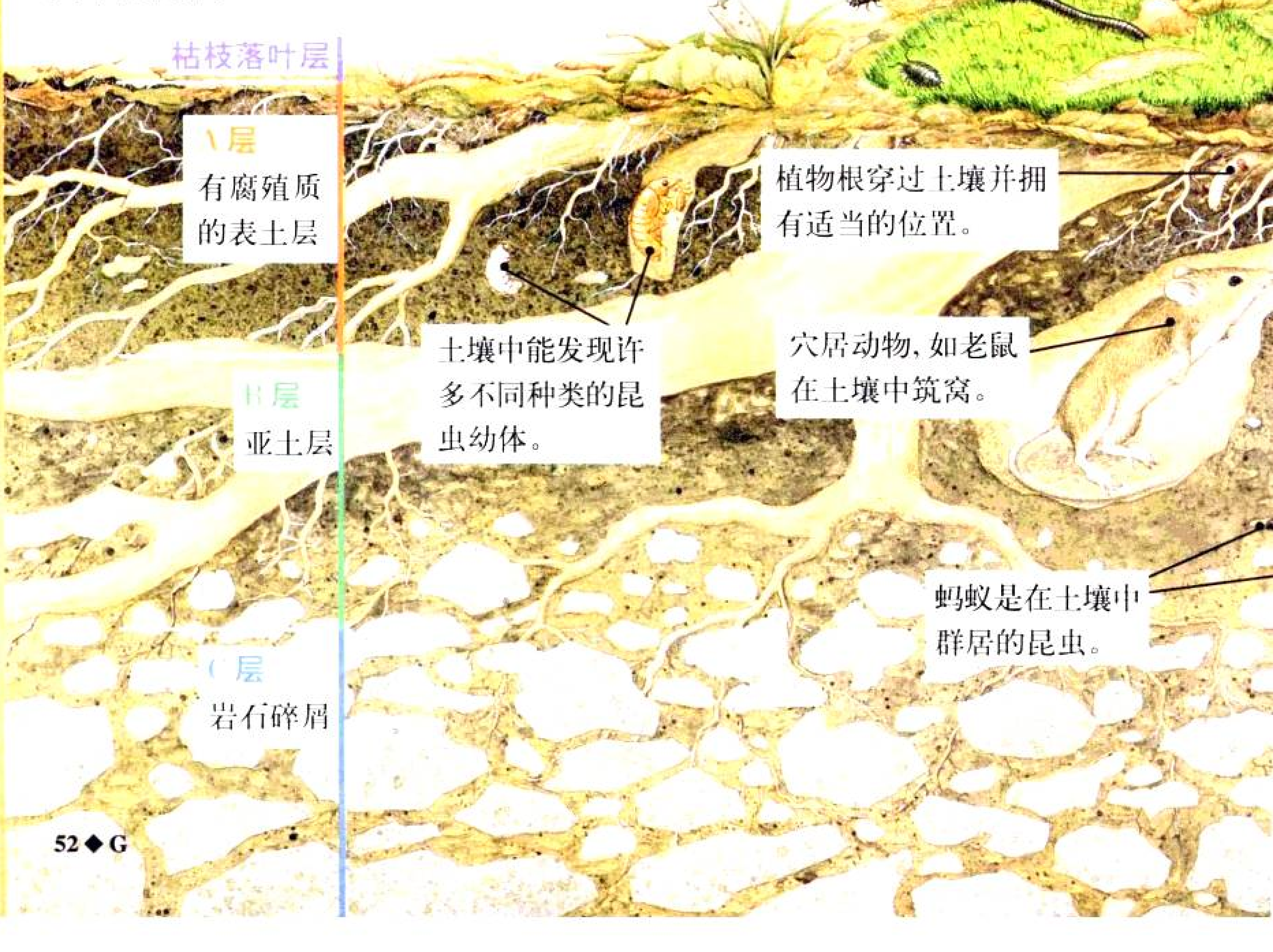
与生命科学的综合

土壤不仅仅只是小块的岩石。如果仔细观察一些土壤，你能看到土壤中存在生命。**一些混合在土壤中的有机物为空气和水创造空间，另一些土壤有机物生成腐殖质，使土壤变得肥沃。**肥沃的土壤富含植物生长所需的营养，如氮和磷。

植物提供大量的能形成腐殖质的有机残留物。植物落下树叶，它们形成的松散层称为**枯枝落叶层(litter)**。植物死亡时，它们的残留物落入大地，成为枯枝落叶层的一部分。植物根死亡，并在地下开始腐烂。虽然植物残留物富有营养，但它们还不是腐殖质。

探索　土壤中的生命有机体

在每立方米的土壤中，生活着几十亿个有机体。所有生活在土壤中的有机体的残留物与排泄物都能使土壤腐殖质更为丰富。动物和植物的根能松动土壤，为空气与水营造空间。



腐殖质形成于被称之为分解作用的过程中。当分解开始时，生活在土壤中的有机体将死亡的有机物质转变成腐殖质。这些有机体被称为分解体。**分解体(decomposer)**是分裂死亡有机体残留物，使其变小并通过化学作用消化残留物的一种有机体。



试一试

1平方米的土壤

活动

1. 在室外，测量出1平方米的区块，用细绳圈出范围。
2. 观察土壤表层的颜色与质地。它是干燥的还是湿润的？它是否含沙、黏土或砂砾？有没有植物、动物或腐殖质？
3. 当你完成后，将土壤复原。洗手。

得出结论 关于土壤的肥力，你能得出什么结论？什么证据支持你的结论？

菌类、原生生物、细菌和蠕虫是主要的土壤分解体。菌类是有机体，如霉菌和菇菌。菌类生长和消化植物残留物。细菌是引起腐烂的微分解体。细菌在土壤中分解死亡的有机体和它们的排泄物。其他很小的动物，如蛆和蠕虫也在分解死亡的有机物，并将它们混合于土壤中。

在土壤中，蚯蚓在将腐殖质混合于其他物质中起着非常重要的作用。当蚯蚓在土壤中挖掘、吃土时，它们将腐殖质带到亚土层，将亚土层的土带到表层。蚯蚓排出它们所吃的土壤。蚯蚓排泄的土壤具有植物生长所需要的丰富的物质，如氮。

许多穴居哺乳动物，如老鼠、鼹鼠、草原犬鼠和金花鼠破开坚硬和致密的土壤，并混合腐殖质。这些动物的排泄物也增加了土壤的氮，死亡时增加了土壤中的有机物质。

蚯蚓和穴居动物也有助于土壤的通气，将空气混入土壤。植物的根需要氧，这个过程增加土壤的氧。

☑ **想一想** ***分解体对土壤的形成有怎样的作用？***

美国的土壤类型

如果穿越佐治亚州中北部的山丘，你将看到好像由红黏土组成的土壤。在其他地方，土壤是黑、褐、黄或灰色的。仅仅在美国，不同的气候与当地的基岩形成了几千种不同类型的土壤。



图2-8 蚯蚓能松散土壤，使土壤有空气与水。一条蚯蚓在土壤中每天吃掉相当于自身体重的土壤。



美国北部土壤

	苔原土壤	形成于终年寒冷之地；没有腐殖质的贫瘠土壤
	北部森林土壤	形成于冷湿气候条件下；从厚而肥沃的土壤变化到没有腐殖质的贫瘠土壤
	大草原土壤	形成于冷干草原气候条件下；表土层厚并富含腐殖质
	山地土壤	由于气温低，化学风化缓慢，加上水土流失，表土层通常较薄
	南部森林土壤	形成于温暖湿润的气候条件下；低腐殖质
	沙漠土壤	形成于干旱、没有植被、没有化学风化的地区；经常沙漠化，土壤贫瘠，腐殖质低
	热带土壤	形成于湿润的热带气候条件下；腐殖质和无机物含量均低

科学家对不同类型的土壤进行分类。这些类别部分取决于这一地带的气候。在这一地带中最常见的植物可以用来帮助土壤分类。另外，科学家通过土壤的成分——是否是多岩石、沙化或多黏土的来分类土壤。在美国北部地区发现的主要土壤类型包括森林、草原、沙漠、山地、苔原和热带土壤。图2-9中可看到每种主要土壤类型分布的地带。你所在地能发现哪种土壤类型?

图 2-9 一个地区的气候和植物有助于确定从基岩发育而来的土壤的类型。

图解 *美国的哪一区域是苔原土壤?*

第二节复习

1. 土壤形成中风化起着什么作用?

2. 组成土壤的不同物质是什么?

3. 植物与动物如何影响土壤的形成和成分?

4. 森林土壤与草原土壤有何不同?

5. 理性思维 因果推断 蚯蚓通过它们的皮肤吸进土壤中的空气来进行呼吸。当下雨时，蚯蚓为什么要爬到地表？请解释其原因。

课题 2

检查进度

获取土壤样本和生长素，种上你的豆类种子。选择包括沙、蛭石、砂砾、盆栽土壤和当地的表层土。记录对每种土壤样本的描述。预测哪种土壤或混合物对豆类种子的生长最好。设计一个记录豆类种子生长的方法。将豆类种子种植在生长素中。

注意：不要选择动物粪便附近的土壤。触摸过土壤后要洗手。

土壤的比较

土壤学家通过观察土壤，确定土壤的成分及如何更好地灌溉土地的方法。农民利用这些信息种植庄稼。

问题

土壤样本有什么特征？

技能

观察、推理、提出假设

材料

20～30克本地土壤　　塑料匙
塑料滴管　　牙签　　水
双目显微镜　　塑料碟或广口瓶盖
刻度为1或2毫米间距的绘图纸

实验步骤

1. 获取本地土壤的样本。观察样本，将你观察到的记录在实验记录本上。
2. 将一半样本摊开放置在绘图纸上。摊开的土壤要薄到能看到纸的线条。用绘图纸作为背景，估计组成土壤颗粒的大小。
3. 将剩余的土壤样本放在手掌上，用手指摩擦并挤压土壤。土壤是软的还是沙砾般的？挤压时是成块的还是松散的？
4. 将一般土壤样本放在塑料碟中。用滴管加水，一次加一滴。观察样本怎样变化。样本中的物质漂浮了吗？样本变湿后，是否有气味？
5. 在双目显微镜下观察土壤。描画你所看到的，用标签表明颗粒，如沙砾、有机质或大的有型颗粒。
   提示： 用牙签检查土壤的颗粒。
6. 用表层土重复步骤1～5。记录下你的观察结果。
7. 经老师指导后清洗和处理土壤样本。
   注意： 触摸过土壤后要洗手。

分析与结论

1. **观察**　本地土壤和表层土有什么相同点？有什么不同点？
2. **推理**　根据土壤中颗粒的不同大小，你能否推断两种土壤的成分？通过质地呢？通过加水后样本的变化情况呢？
3. **推理**　你认为两种土壤的成因相同吗？
4. **提出假设**　根据你的观察及本节所学的知识，想一想哪种土壤更适合种植花卉及蔬菜。
5. **交流**　写一份报告，总结你对两种土壤样本的分析情况。写出你分析的各个因素，并给出哪种土壤更适合种植花卉及蔬菜的建议。

进一步的探索

在问题4中，你提出了关于哪种土壤更适合种植花卉及蔬菜的猜想。设计一个实验来验证你的猜想。注意指出你需要控制的变量。在获得老师的同意后，开始你的实验。

SECTION 3 土壤保护

探 索 **活 动**

如何保持土壤不被冲刷

1. 在盘中放500毫升土，堆成一堆。
2. 设计一种方法，当注入水时土不被冲走。为了保护这堆土，你可以使用手工棒、纸夹、小圆石、做模型的黏土、细长片的纸和其他被老师认可的材料。



3. 放置好保护土的材料，将200毫升水在距土堆中心20厘米的高度上慢慢地倒入土堆。
4. 将你的盘子与同学的进行比较。

思考

观察 根据观察，你认为保护斜坡上的土壤不被水冲走的最好方法是什么？

假若你是一位19世纪的西部开拓者，你的大部分旅行将穿过辽阔的草原地带。在穿过东部地区的森林和山地之后，你会看到令人惊喜的大草原。比人还高的草在风中舞动着，像一个绿色的海洋。

大草原的土壤非常肥沃，茂盛的草提供了丰富的腐殖质。**草皮(sod)**——厚厚的硬根团大量聚集在土壤表面——使这里的土壤保持一定的湿度。

大草原覆盖面积巨大，它们包括堪萨斯州的东部、内布拉斯加州、北达科他州和南达科他州，以及艾奥瓦州和伊利诺伊州。今天，长满谷物、黄豆和小麦等庄稼的农场已经取代了大草原，但草原土壤仍然是世界上最肥沃的土壤。

- 为什么土壤是地球上最有价值的资源？
- 什么引起土壤失去植物？
- 土壤保护的方法有哪些？

阅读提示 阅读时，列出人类破坏土壤的行为以及保护土壤的措施。

土壤的价值

土壤是地球上最有价值的资源，因为生活在地球上的任何生物都要直接或间接地依赖于土壤。植物直接依赖土壤才能生存与生长。动物以植物——或其他依赖于植物的动物——为食。土壤是一种可再生资源，哪里发生风化，哪里就能发现土壤。但土壤的形成需花很长的时间，几百年的时间只能形成几厘米厚的土壤。大草原中的深厚肥沃的土壤是经历了好几千年才逐渐形成的。



大草原上的草和野花



图 2-10 世界上最适合于农耕的土壤分布于河谷或平原内部和边缘。干燥、山地或不够肥沃的土壤可以用来放牧牛、羊或其他牲畜。

肥沃的土壤因有限而更具价值。比较适合农耕的土地不足陆地面积的$\frac{1}{8}$。图 2-10 表明这些地带的分布情况。在许多地方，农耕是困难的，且产量很低，原因就在于土壤比较贫瘠、缺水、陡坡或生长期短。

想一想 *土壤为什么是有价值的？*

土壤的毁坏与流失



图 2-11 乔治·华盛顿·卡弗(1864～1943)向南方农民传授土壤保护新方法。

土壤是地球最重要的资源，但土壤会被毁坏和流失，如土壤枯竭或失去肥力。19 世纪后期，美国南方大部分地区出现这种情况。只能生长棉花的土壤是贫瘠的，许多农民离开了他们的农场。20 世纪早期，亚拉巴马州的一个名为乔治·华盛顿·卡弗的科学家发现并发明了新的农作物和耕作方法，以帮助恢复南部地区的土壤肥力，花生就是其中的一种新生作物。

土壤会遭水和风侵蚀而流失。任何没有植被覆盖的地方都会出现水土流失。植被减缓雨水的冲击力，植物根系固定土壤。风也可以导致水土流失。风的侵蚀，加上不适合干旱条件的耕作方法，会导致大平原产生黑尘暴。

黑尘暴

到了19世纪末期，草原的大部分地区已为农民所定居。新定居者则趋向大平原的更西边。这一地带从东部的落基山穿过北和南达科他州的西部、内布拉斯加州、堪萨斯州、俄克拉何马州和得克萨斯州。

大平原的土壤是肥沃的。但大平原与草原之间有很大的不同。大平原的降雨量从东到西递减，从高的草过渡到只需要少量水分的短而层薄的草。**耕作除掉了大平原上的草被，使土壤裸露。在干旱时期，表土层很快变成尘土，并被风吹走。**

到1930年，大平原几乎都变成了农场和牧场。因此，一些特别干旱的年份，大平原的表土层接连不断地变成了尘土。风卷起尘土成为乌云，向东飘去。乌云使天空变暗，影响到芝加哥，甚至纽约。最后，土壤被吹进大西洋而永远消失。

这一问题在大平原南部的一些州表现最为严重。干旱和表土流失一直持续到1938年。这一地区正如图2-12所示，被称为**黑尘暴(Dust Bowl)**地区。该地区的许多人们被迫放弃农场，离开家园。

语言艺术 链接

伍特·高斯里创作和演唱了大量民歌。他生活在俄克拉何马州和得克萨斯州的黑尘暴时代，因此写作了一系列被称之为黑尘暴的歌谣(歌谣是一种叙述故事的歌曲)。有一首歌这样描述：

我们看到窗外，小麦已经长大。

现在是一个大风吹起的尘土的海洋。

阅读 DIY

写一首歌谣，描述你生长的社区存在的问题，以及如何解决这些问题的方法。

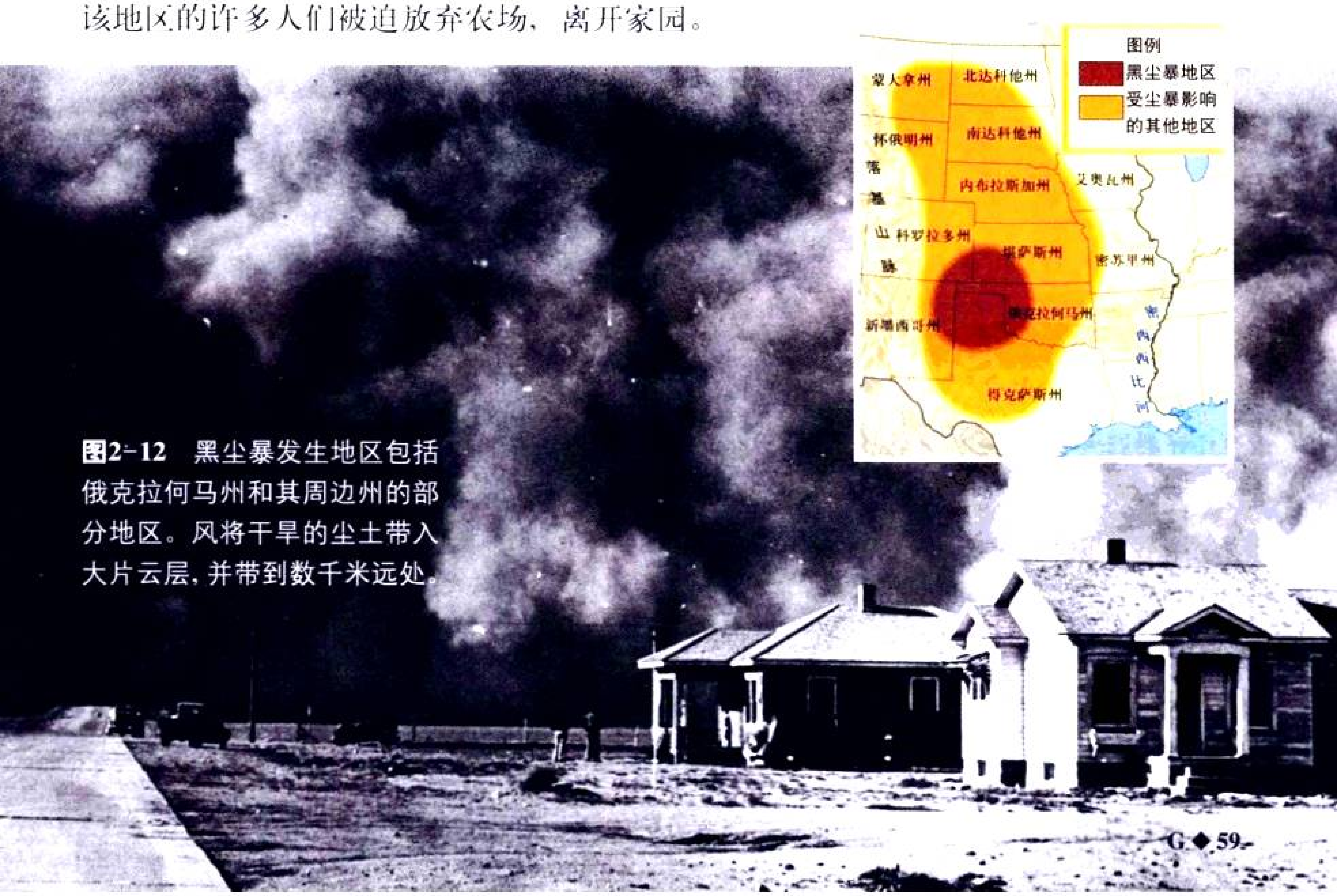


图2-12 黑尘暴发生地区包括俄克拉何马州和其周边州的部分地区。风将干旱的尘土带入大片云层，并带到数千米远处。



图 2-13　因地形耕作(上)和保护性耕作(下)有助于防止土壤侵蚀。

预测　*保护性耕作对土壤中的腐殖质有多大影响?*

土壤保护

黑尘暴让人们认识到了土壤的价值。20世纪30年代，在政府的支持下，大平原及全国的农场主开始珍惜他们的土地。他们接受了有助于土壤保护的耕作方法，有些方法是新的，另一些已经历了几百年的实践。

美国的农场主们接受了土壤保护的现代方法。**土壤保护(soil conservation)**就是进行土壤管理，防止土壤被毁坏。**土壤保护的两种方法包括因地形耕作和保护性耕作。**

因地形耕作(contour plowing)就是耕地的开垦要沿地形等高线，这有助于减缓过多降水的冲刷并避免土壤的流失。

保护性耕作(conservation plowing)就是尽可能少地损害土壤和覆盖在它上面的植物。上一年死去的农作物的种子和茎留在土壤中，有助于恢复土壤的养分、保持土壤的湿度和涵养土壤。这种方法也被称为低成本或无成本耕作。

在草原如大平原，畜牧业是重要的土地利用形式。但如果在干旱期过度放牧，土壤的草就会受损。这将使土壤裸露，受到风与水的侵蚀。为了避免对土壤的毁坏，农场主必须限制放牧的规模。

第三节复习

1. 解释土壤作为地球上的一种资源的重要性。
2. 大平原的定居者如何导致黑尘暴?
3. 农民用于保护土壤的技艺有哪些?
4. **理性思维　解决问题**　如果你已经在陡峭的山坡上种农作物，你将如何采取措施以使雨水不会将土壤冲走?

课题 2

检查进度

每天检查你的豆类种子并在需要的时候加水。数清楚并记录发芽种子的数量。测量每株豆苗的高度，数清叶子的数量，并记录叶子的颜色。约14天后，你可以作一比较：生长在不同土壤中的豆类植物有什么不同？这些不同什么时候出现？根据你的数据，你认为哪种土壤最有利于豆类植物生长？

SECTION 1 岩石和风化

知识要点

- 当岩石裸露于地球表层的空气、水、风和生物体时，岩石就会风化和破裂。
- 机械风化将岩石破碎成小块。机械风化的自然力包括结冰与融化、加热与冷却、植物的生长、动物的活动和磨蚀。
- 化学风化改变着岩石的无机物组成。化学风化的自然力是水、氧、二氧化碳、生物有机体和酸雨。
- 气候和岩石类型决定风化的速度。

关键术语

风化	侵蚀	机械风化
冰楔	磨蚀	化学风化
渗透性		

SECTION 2 土壤的形成和成分

知识要点

- 土壤由岩石的微粒和有机质的腐烂遗留物混合而成。
- 当基岩风化和有机质形成时，土壤逐渐分层，称为土壤层。
- 3个土壤层是A层、B层和C层。A层由表土层组成，富含腐殖质；B层由黏土和其他从A层淋滤下来的碎粒组成，几乎没有腐殖质；C层由不含黏土和腐殖质的部分岩石风化碎屑组成。
- 植物和动物能破碎土壤，并与土壤混合，增加形成腐殖质的有机物。

关键术语

土壤	沃土	亚土层
基岩	土壤层	枯枝落叶层
腐殖质	表土层	分解体



SECTION 3 土壤保护

与环境科学的综合

知识要点

- 土壤是一种有价值的资源，因为生活在土地上的生物要依靠它才能存活。同时，土壤的形成非常缓慢。
- 土壤能被侵蚀，不恰当的农耕活动能使土壤的肥力减少。
- 大平原的耕作破坏了覆盖在土壤上的、保护土壤在干旱期不被风吹走的草皮，导致了黑尘暴的发生。
- 通过多种土壤保护方法，土壤可以被保护，土壤的肥力也能维持。

关键术语

草皮	黑尘暴	土壤保护
因地形耕作	保护性耕作	



活动

相关网站

www.science-explorer.phschool.com

复习题

选择题

选择最佳答案。

1. 在寒冷气候条件下最重要的机械风化的力是 ______。
   a. 氧化作用　　b. 结冰和融化
   c. 动物活动　　d. 磨损
2. 大多数化学风化由 ______ 引起。
   a. 酸雨　　b. 水
   c. 氧　　d. 二氧化碳
3. 组成 B 层土壤的是 ______。
   a. 亚土层　　b. 表土层
   c. 岩石碎屑　　d. 基岩
4. 对农耕来说，最好的土壤之一是 ______。
   a. 森林土　　b. 山地土
   c. 热带土　　d. 草原土
5. 将腐殖质混合进土壤主要由 ______ 完成。
   a. 菌类　　b. 细菌
   c. 蚯蚓　　d. 蛆

判断题

如果叙述正确，就写“T”；如果错误，写“F”，并修改划线部分。

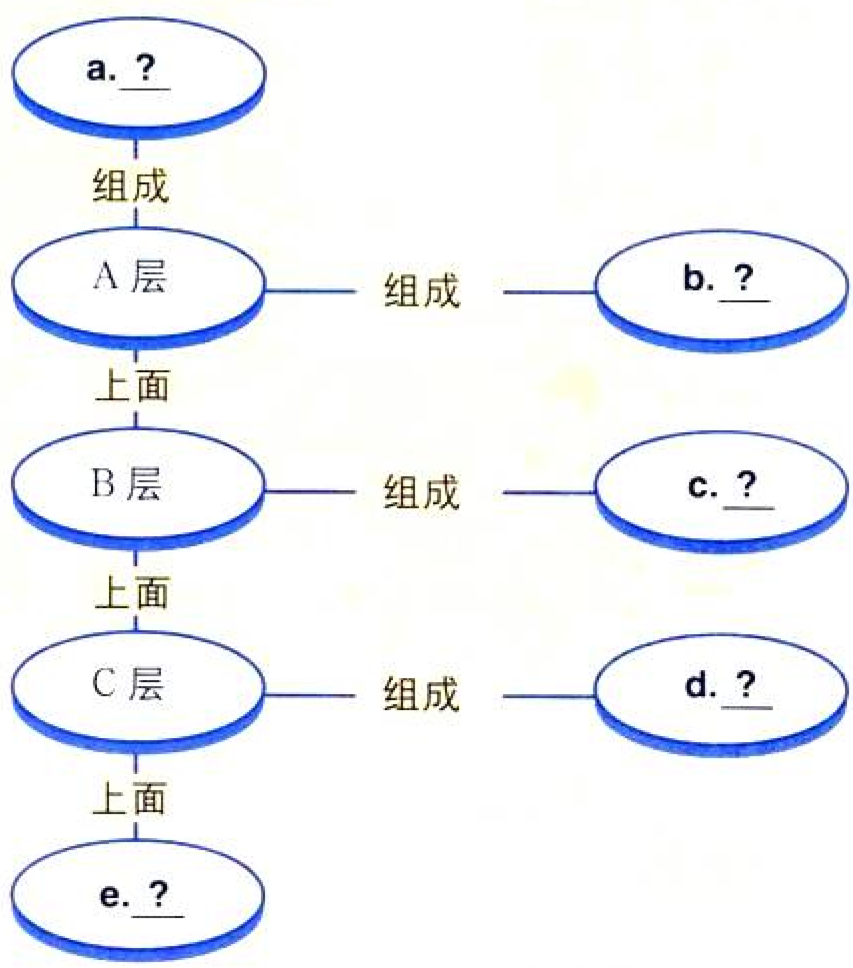
6. 机械风化即通过风、水或冰移动岩石碎屑。
7. 在潮湿的气候条件下，风化出现得更快。
8. 土壤中腐烂的有机物称为沃土。
9. 菌类引起消化植物残留物的化学变化。
10. 科学家参考气候带对土壤进行分类。

简述题

11. 下面哪种情况机械风化可能更快：冬季温度通常低于零度，或通常在零度左右变动？解释原因。
12. 简述土壤的形成。
13. 哪个土壤层含有更多的腐殖质，表土层还是亚土层？
14. 解释植物在机械风化和化学风化中起什么作用。
15. 在保护大草原的土壤中，草地发挥的作用是什么？
16. 保护性耕作在土壤保护中如何发挥作用？
17. **科技写作**　描写你作为蚯蚓的生活。你为什么喜欢生活在土壤中？平时看到什么？吃什么？如何在土壤中穿行？又是如何改变土壤的？

形象思维

18. **完图填空**　将土壤层的概念图抄写在纸上，完成图中空缺内容并加上标题。



应用技能

用以下信息回答19 ~ 21题。你有两种土壤样本，一种大部分为沙土，一种大部分为黏土。

19. 提出假设 你认为哪种土壤样本失水更快？为什么？

20. 实验设计 设计一个实验，验证水经过每个土壤样本时的速度。

21. 提出问题 假定你是一位欲在这两种土壤中选择一种来种植大豆的农民，在选择种在哪种土壤之前，你必须回答什么问题？

理性思维

22. 预测 假若机械风化将岩石破碎成小块，它将如何影响岩石化学风化的速率？

23. 分类 下列情况是机械风化还是化学风化：

A. 大树附近人行道上的缝隙；

B. 像瑞士奶酪一样的石灰岩洞穴；

C. 裸露在地表慢慢变成红褐色的岩石。

24. 提出假设 在月球上，没有空气和水。月球上岩石风化速率快还是地球上岩石风化速率快？说明理由。

25. 因果推断 两块岩石，处于不同的地理位置，经历相同时间的风化，一块岩石发育了成熟的土壤，而另一块仅发育了不成熟的土壤。造成这种不同的土壤形成速度的原因是什么？

26. 做出判断 土壤对人类和其他生物的价值是什么？解释你的答案。

第2章复习

学习评估

课题2 总结

实验汇报 你要准备提交一个报告，论述什么是豆类植物生长的最好物质。决定如何展示你所收集到的不同物质的数据。你的课题小组的结论如何与班上其他小组的结论相比较？

思考与记录 在你的记录本上，描述你的结果与预测的吻合程度。在这项对植物生长有利的土壤特性的实验项目中，你学到了什么？你的实验还可以怎样改进？

实践活动

在社区 观察你的社区是否计划将树叶和其他垃圾制作混合肥料。如果是，收集更多这样的计划，并做海报鼓励人们采纳它。如果没有，做海报宣传混合肥料的好处，强调混合肥料如何有助于控制垃圾，促进土壤肥力的提高和庭园生产率的增长。

第三章 侵蚀与沉积



主要内容

SECTION 1

重力是如何影响斜坡上的物体的

观察

沙丘

SECTION 2

水流是如何磨蚀岩石的

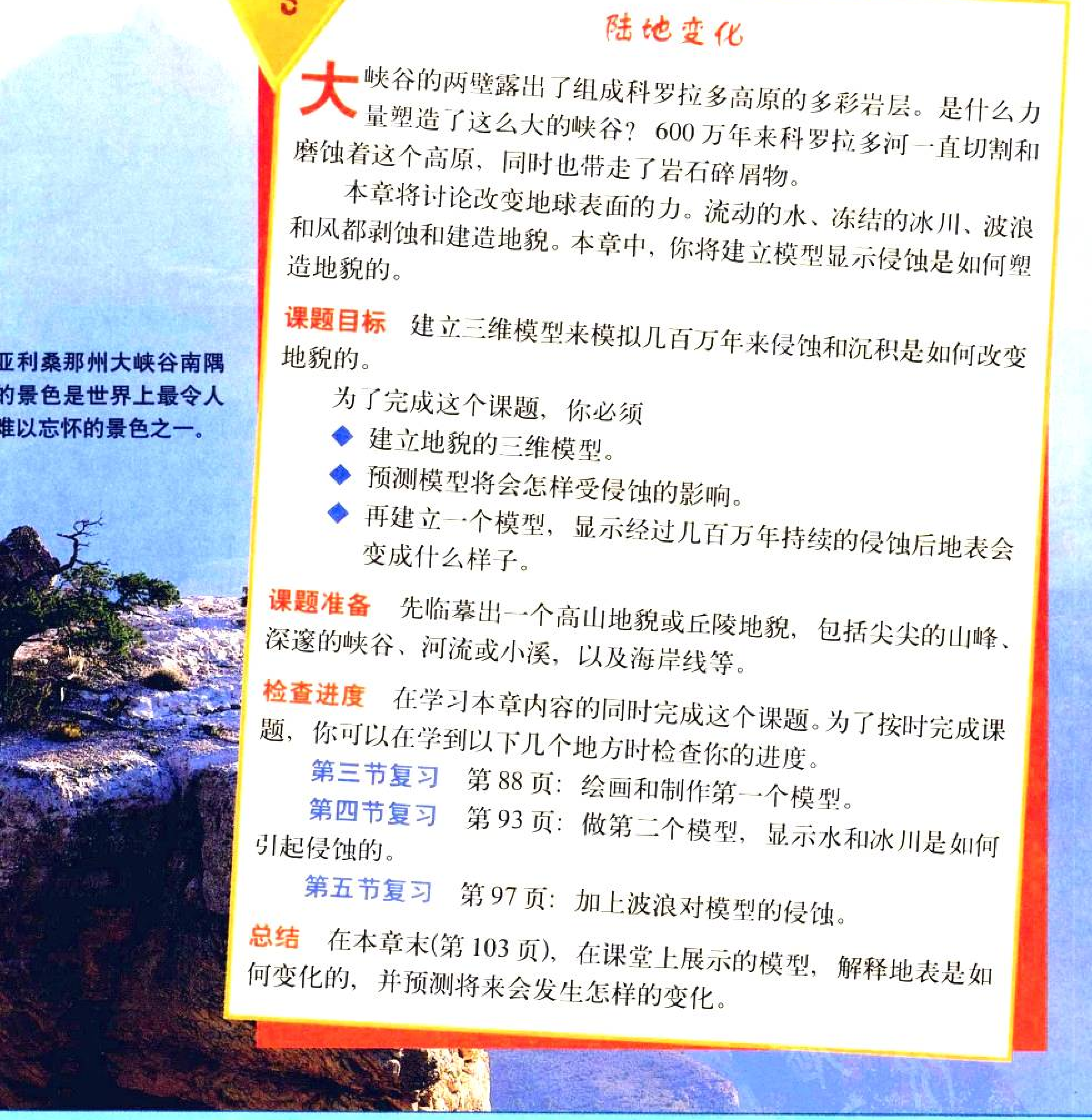
下雨

河流作用

SECTION 3

沉积物是如何沉积的

提出假设



亚利桑那州大峡谷南隅
的景色是世界上最令人
难以忘怀的景色之一。

课题 3

陆地变化

大峡谷的两壁露出了组成科罗拉多高原的多彩岩层。是什么力量塑造了这么大的峡谷？600 万年来科罗拉多河一直切割和磨蚀着这个高原，同时也带走了岩石碎屑物。

本章将讨论改变地球表面的力。流动的水、冻结的冰川、波浪和风都剥蚀和建造地貌。本章中，你将建立模型显示侵蚀是如何塑造地貌的。

课题目标 建立三维模型来模拟几百万年来侵蚀和沉积是如何改变地貌的。

为了完成这个课题，你必须

- 建立地貌的三维模型。
- 预测模型将会怎样受侵蚀的影响。
- 再建立一个模型，显示经过几百万年持续的侵蚀后地表会变成什么样子。

课题准备 先临摹出一个高山地貌或丘陵地貌，包括尖尖的山峰、深邃的峡谷、河流或小溪，以及海岸线等。

检查进度 在学习本章内容的同时完成这个课题。为了按时完成课题，你可以在学到以下几个地方时检查你的进度。

第三节复习 第 88 页：绘画和制作第一个模型。

第四节复习 第 93 页：做第二个模型，显示水和冰川是如何引起侵蚀的。

第五节复习 第 97 页：加上波浪对模型的侵蚀。

总结 在本章末(第 103 页)，在课堂上展示的模型，解释地表是如何变化的，并预测将来会发生怎样的变化。

SECTION 4 冰川

探索 冰川是如何改变地表的

SECTION 5 波浪

探索 沙子是由什么组成的

增进技能 计算

SECTION 6 风

探索 流动的空气是如何影响沉积物的

SECTION 1

地表的变化

探索　活动

重力是如何影响斜坡上的物体的

1. 在桌上放一块小平板，板上放一块大理石。轻轻地抬起木板的一端，观察会发生什么。
2. 在平板上放一木块。缓慢抬起木板的一端并观察结果。
3. 在平板和木块上包一层砂纸并重复第2步。

思考

提出假设 每一步的结果有什么差异？提出一个假说来解释你所观察到的不同现象。

阅读指南

- 什么过程会磨损和重建地球表面？
- 是什么力把岩石和土壤从山坡上拉了下来？

阅读提示 阅读时，列出有关侵蚀、沉积和块体运动的主要论点和论据。

麦迪逊河谷是蒙大拿州落基山脉的荒野地带。1959年，河谷发生了改变。黄石国家公园附近发生大地震时，河谷的一壁塌陷。几分钟后，3 000万立方米的岩石、土壤和树滑进了谷底。如果把这些物质堆成一个立方体，那么这个立方体的边长足有足球场的3倍长。山崩带来的岩石和土壤堵塞了麦迪逊河，从而形成了一个新的湖泊。



图3-1 山崩过程中，山坡上松散的岩石和土壤突然从母岩上滑落。图中蒙大拿州的麦迪逊河谷的山崩埋掉了一条高速公路和一个野营地。

磨损与重建

像麦迪逊河谷那样的山崩是一个典型的侵蚀例子。**侵蚀(erosion)**是自然力把风化了的岩石和土壤从一个地方搬到另一个地方的过程。山崩是一种很迅速的侵蚀类型。其他类型的侵蚀搬运速度比较慢。重力、流水、冰川、波浪和风都能引起侵蚀。你可以看到下雨时水流携带土壤和砾石而下，这也是一个侵蚀例子。侵蚀有时会毁坏道路，如图 3-2 所示。

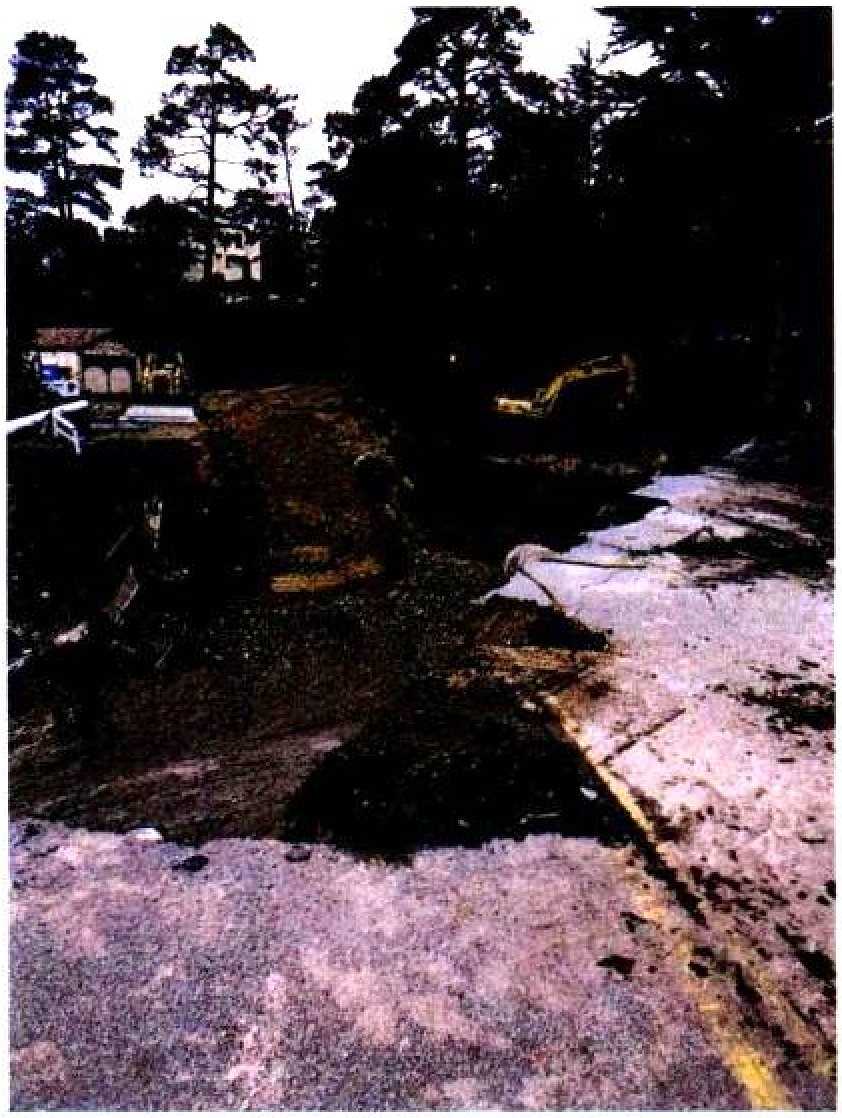


图 3-2 冬天的大雨冲刷着这条加利福尼亚州的公路。

因果推断 *照片中的侵蚀作用是什么原因引起的？*

侵蚀过程中搬运的物质叫**沉积物(sediment)**。风化和侵蚀都能产生沉积物。**沉积作用(deposition)**发生在侵蚀力释放沉积物的地方。沉积作用改变了地表形态。你也许曾见过一个小孩捡起几样玩具搬到另一个房间再把它们放下来。这个小孩就有些像侵蚀和沉积作用的媒介。

风化、侵蚀和沉积相互作用形成一个磨损和重建地球表面的循环。侵蚀作用和沉积作用在世界各地都在进行着。有时它们作用得很慢，有时则很快。如雷阵雨时，大雨渗入岩石和土壤，这些被淋湿的物质会变得松软，从山上滑下来。但是当一座山受到剥蚀时，其他某个地方就有新地形在形成。侵蚀和沉积是永不停止的两个过程。

☑ ***想一想*** ***发生侵蚀和沉积作用后，沉积物发生什么变化？***

块体运动

想象你现在在山顶上骑着一辆自行车。轻轻地推你一下，你就会冲下山去。如果坡比较陡的话，你到达底部的速度会比较快。使你和自行车向下运动的力是重力。重力是把物体向地球中心拉的力。

重力是使岩石和其他物质向山下运动的力。重力引起**块体运动(mass movement)**。块体运动是使沉积物向下运动的过程之一。块体运动有时慢有时快。**块体运动包括几种不同的类型：山崩、泥石流、滑坡和蠕动。**



山崩 块体运动中最具毁坏性的是山崩。山崩时岩石和土壤从陡坡上迅速滑落。有些山崩会带有很大的岩石块。但许多山崩带来的是小块的岩石和土壤。这种块体运动常见于挖山修路的地方。

图3-3 大雨引起的泥石流冲刷一个城镇的街道。

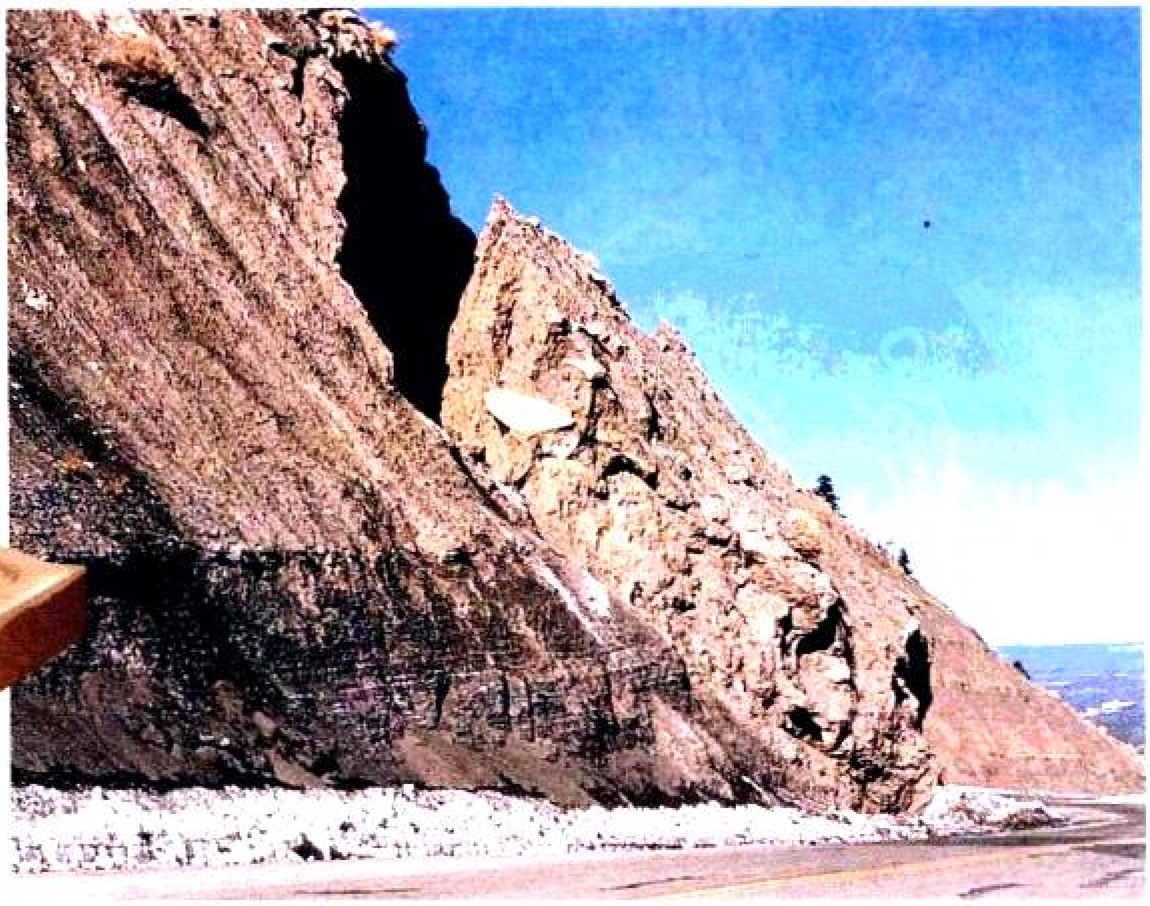
因果推断 *什么性质的土壤能导致泥石流？*

泥石流 泥石流是水、岩块和土壤混合物的快速下坡运动。泥石流中水的含量可高达60%。干旱地区在大雨后常发生泥石流。在含水量较高的黏性土壤中，即使是缓坡也可能发生泥石流。在一定条件下，黏性土壤会变成液态而流动。比方说，地震会引起泥石流和山崩。图3-3那样的泥石流是很危险的。

滑坡 耸耸肩膀，身体的上部就会下沉。一大块岩石和土壤突然从山坡上滑落的块体运动称为滑坡。与山崩不同，滑坡的物质是一大块，看起来似乎有人把坡底抽掉一样。图3-4就是一例滑坡。富含黏土的土壤底部吸水以后常容易发生滑坡。

图3-4 滑坡看起来就像是一个巨大的勺子从山坡上挖了一勺。





蠕动 蠕动作用后的地貌看起来像主题公园里怪诞的鬼屋。蠕动是岩石和土壤很缓慢地向山底运动。在缓坡也能发生蠕动。就像时钟上时针的运动，蠕动慢得你很难注意到它的存在。但是你可以在电线杆、墓碑和篱笆墙上看到蠕动的痕迹。蠕动会使物体倾斜，角度出人意料。它往往是土壤下面岩石空隙中的水的冻结和解冻的结果。图3-5中的树是如何受蠕动的影响的?

增进技能

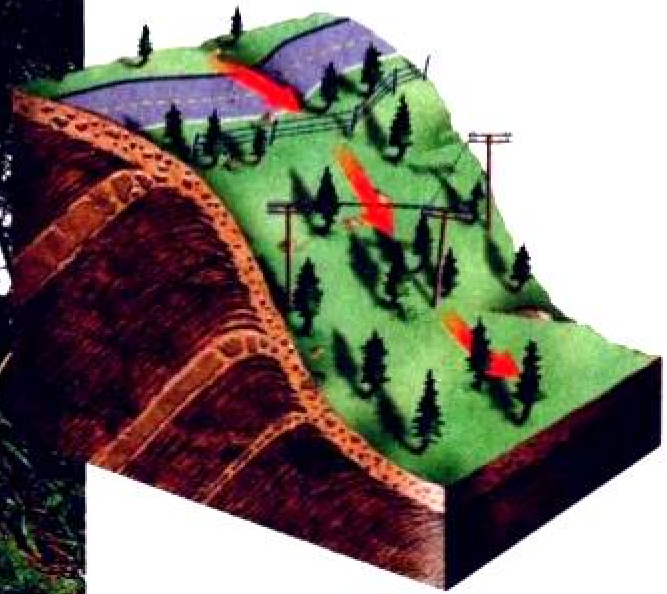
观察 活动

比较图3-4和图3-5中的块体运动。在观察的基础上，设计一个表格比较滑坡与蠕动，包括以下几项：所含物质、坡型和每种块体运动的速度。

图3-5 蠕动慢慢地使这些树向下倾斜，使得树干弯曲生长。

预测 *如果继续发生蠕动，将会对路面、篱笆和电线杆产生什么影响?*





第一节复习

1. 解释侵蚀作用与沉积作用的区别。
2. 是什么力引起了侵蚀作用?
3. 有哪四种块体运动?
4. **理性思维 因果推断** 为什么山崩常发生在陡峭的高山而不是平缓的丘陵?

身边的科学

暴风雨后，与家里的大人一起到周围走一走，找一找侵蚀的证据。试着找找哪些地表是土壤的、沙质的、砾石或岩石的。什么地方的侵蚀最厉害? 什么地方侵蚀最少? 地面坡度是如何影响侵蚀强度的? 勾画出(或拍照)有侵蚀现象的地方。

注意： 远离那些大堆的松散的沙和土壤——可能会发生滑坡。

技能实验室

提出假设

沙丘

在这个实验中，你将提出并验证假设：块体运动是如何影响沙丘的形状和大小的。



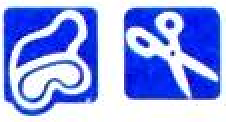
问题

沙丘的高与宽之间有什么关系？

材料

干沙 500 毫升
卷纸筒芯
托盘(约 15 厘米 × 45 厘米 × 60 厘米)
木签　胶带
勺子　尺　铅笔或蜡笔
几张白纸

实验步骤



1. 首先观察重力是如何影响沙子的块体运动的。先在托盘的中心位置垂直摆放卷纸筒芯。
2. 用勺子往筒芯里加干沙。小心不要让沙子溢出来。
3. 小心地把装满沙的筒芯垂直提起，使沙子流出来。提起筒芯的同时，观察沙子的运动。
4. 设想如果加更多的沙子，这个沙丘的高度和宽度将怎样变化。务必让你的假说中包括"如果……那么……"的字眼。
5. 把托盘里的沙倒进容器内。然后建立一个系统来测量沙丘。
6. 把实验数据抄到实验手册上。
7. 按着第 1 到第 3 步，重新做一个沙丘。
8. 测量和记录第 1 次沙丘的高度和宽

如何测量沙丘

1. 在托盘上垫一张白纸并用胶布固定。
2. 沿白纸的一边，以 0.5 厘米为间距画点。
3. 小心地在纸上画出沙丘的轮廓。线条一定要环绕整个沙丘底。
4. 现在测量小沙丘的边缘到你所画的点线的距离。
5. 从沙丘中心插入木签。在木签上记下沙丘顶的高度。
6. 拔出木签，用尺子测量木签埋进沙丘的深度。尽量不要破坏沙丘。

数 据 表

实验次数	1	2	3	4	5
高　度					
宽　度					

度。(参考下面的实验指导，它将教你如何准确测量高度和宽度。)

9. 看看再多加一些沙子会发生什么。把纸筒垂直放在沙丘中心。小心不要把纸筒推进沙丘。用勺子像上次一样往纸筒里加沙。
10. 小心提起纸筒并观察沙子的运动。
11. 测量和记录第2次沙丘的高度和宽度。
12. 至少重复第9到第11步三次。每次结束时，记录结果。注意要一一对应。

分析与结论

1. **作图** 作图表示每次沙丘的高度和宽度的变化。

   提示：用 x 轴表示高度，y 轴表示宽度。
2. **分析数据** 从图中看，沙丘的高度与宽度有什么关系？
3. **得出结论** 你做的图能支持你提出的假设吗？为什么？
4. **提出假设** 检查所得的数据后，该如何修改你原来的假设？给出理由。
5. **预测** 如果再多试5次，预测一下会发生什么。在你的图上用虚线表示你的预测。如何验证你的假设？
6. **交流** 写一段话，讨论一下你是如何测量你的沙丘的。在测量过程中，有什么因素影响了你的测量结果吗？你是通过怎样的调整来克服这些问题的？

实验设计

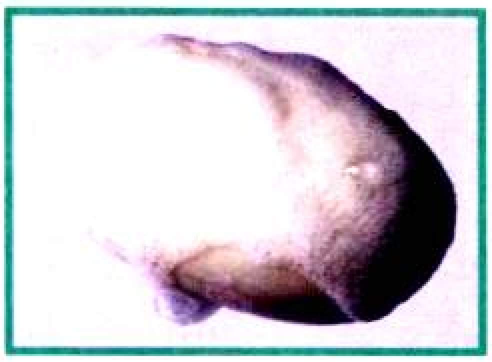
有没有想过使用其他的材料，如湿沙和砾石来进行实验？得出的结果会不同于干沙吗？提出一个不用干沙所制的沙丘的坡度与宽度关系的假设。设计一个实验来证实不同材料制成的沙丘的区别。在实验前须得到老师的批准。



2 水的侵蚀

探索 活动

水流是如何磨蚀岩石的



1. 找两块相同牌子同样大小的肥皂。
2. 打开水龙头让水很缓慢地滴下来。每分钟能滴几滴水？
3. 把一块肥皂放在干燥的地方。另一块放在水龙头下面。估计滴下来的水会对肥皂产生什么影响？
4. 让水龙头滴10分钟。
5. 关掉水龙头，观察两块肥皂，有哪些不同？

思考

预测 让水龙头继续滴水10分钟，水龙头下的肥皂会变成什么样子？再滴1个小时呢？如果把水开大一点呢？开小一点又会怎样？

阅读指南

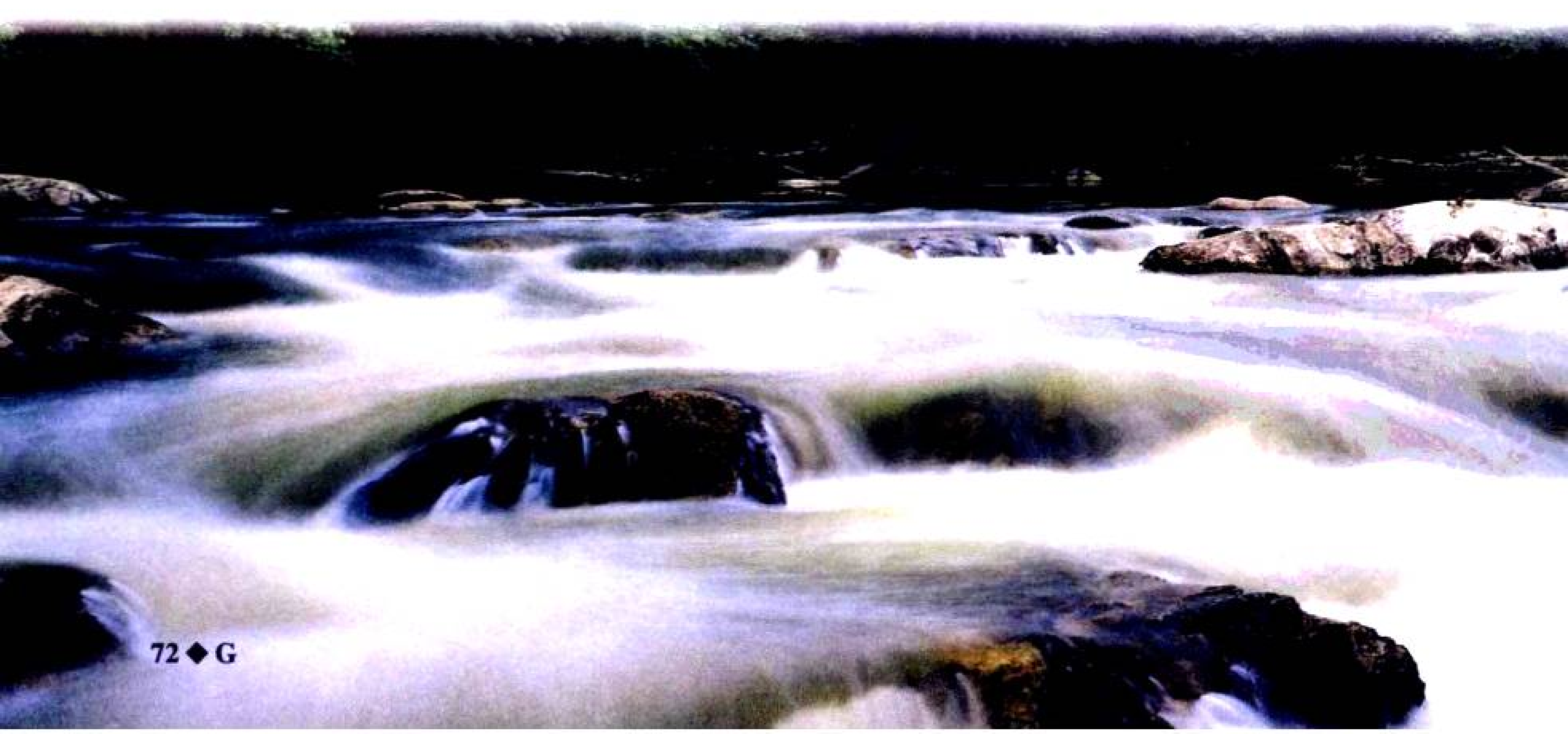
- 什么过程是塑造地表形态的主要过程？
- 流水侵蚀有哪些特点？
- 河流和小溪中的沉积物沉淀时有什么特点？

阅读提示 阅读前，利用小标题写出有关流水侵蚀和沉积的大纲。

夏日在树林里漫步，看到小溪前你就能听到潺潺水声。水在暗礁和漂石上溅起泡沫时还会发出咆哮声。到达小溪边，你会看到水在流动。沙子和鹅卵石在溪底滚动。溪流翻滚而下时，携带了小树枝、树叶和土粒。在一些平静的小水潭里，一些小跳虫在水面上无声地跳跃，彩虹纹的鲑鱼在水中遨游。

一年中，小溪会有很大变化。冬天，小溪会结冰。大块的冰摩擦着河堤和两岸。春天，溪水泛滥，水流能移动大块的岩石。一年四季，小溪都在侵蚀着这块小小的地表。

林间溪流 ▼



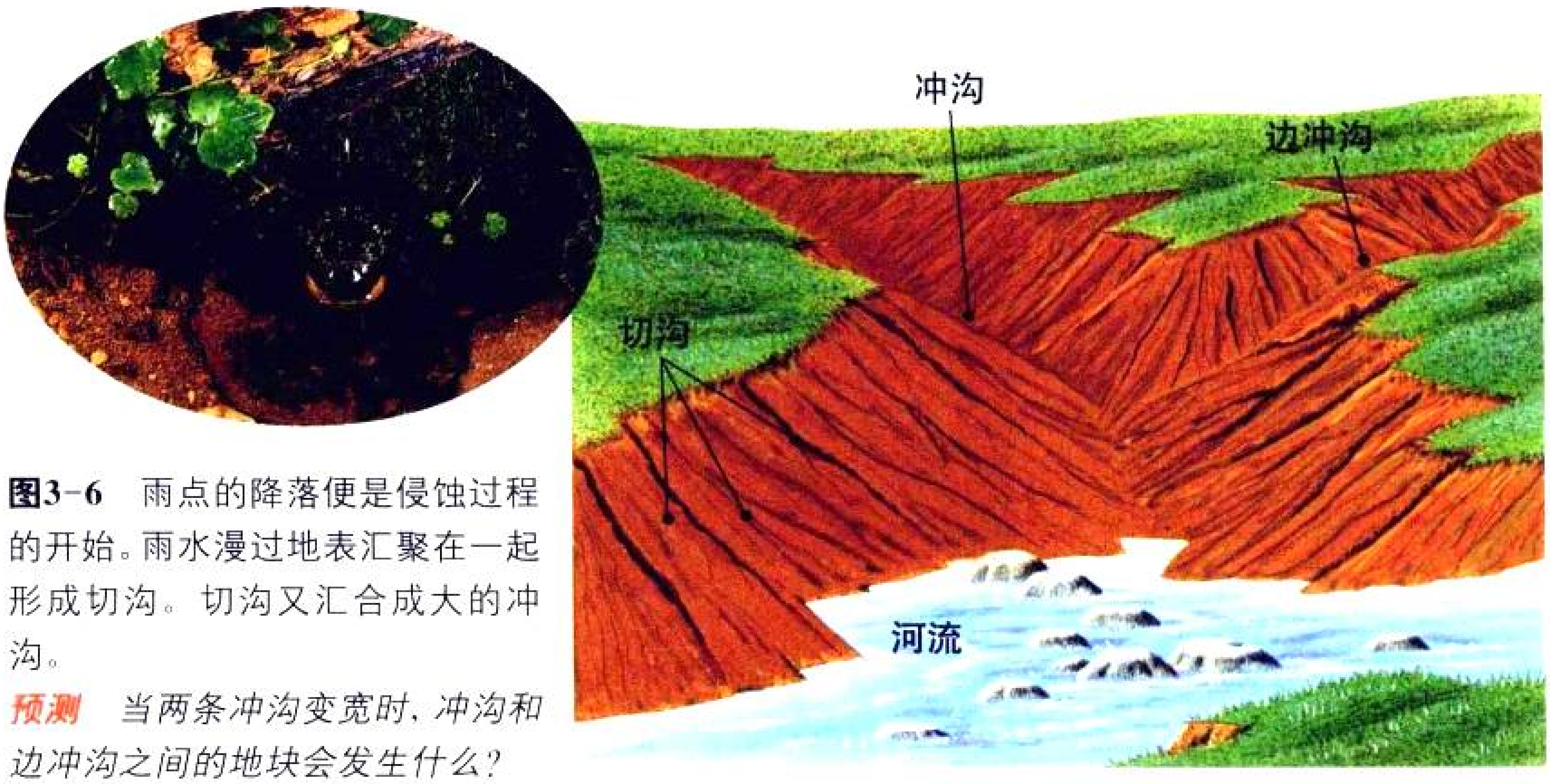


图3-6 雨点的降落便是侵蚀过程的开始。雨水漫过地表汇聚在一起形成切沟。切沟又汇合成大的冲沟。

预测 当两条冲沟变宽时，冲沟和边冲沟之间的地块会发生什么？

径流和侵蚀

流水产生多种地貌，是塑造地表形态的主要自然力。

流水侵蚀是从雨点溅落在地面时开始的，如图3-6所示。降水一部分渗入地下，一部分蒸发或被植物吸收。雨点降落时的力可以打散并溅起土壤微粒。雨水在地面流动时，携走这些微粒。流动的水称为径流。**径流 (runoff)** 是指在地表流动的剩余降水。当径流以面状在地上漫流时，会引起面蚀。

切沟和冲沟 因为重力作用，径流和它所携带的物质向下运动。径流行进过程中，在土壤中形成许多小沟称为**切沟(rill)**。当这些切沟相互汇集在一起变大形成冲沟。**冲沟(gully)** 就是暴雨后的径流在土壤中形成大的河槽或沟渠。水流通过冲沟时，带走土壤和岩石，因而通过侵蚀拓宽了冲沟。只有在下雨之后才会形成冲沟。



图 3-7 水流侵蚀切沟时，土壤会流失。



溪流和河流 冲沟汇聚在一起形成更大的河渠叫溪流。**溪流(stream)**是水持续地向坡下流动形成的河渠。与冲沟不同的是，溪流很少干涸。小的溪流也被称为小溪。溪流汇聚时，形成越来越大的流动水体。大的溪流常常称为**河流(river)**。

径流量 一个地区的径流量受5个主要因素影响。首要因素是这个地区的降雨量。第二个因素是植被。草被、灌木和乔木通过在原地吸收和截流减少了径流量。第三个因素是土壤类型。一些土壤类型能吸收较多的水。第四个因素是地面形态。陡坡地比平地的径流量要大。第五个因素是人们的土地利用方式。比方说，铺上水泥的停车场根本不吸水，所有的降水全部成为径流。庄稼被收割后的田地，径流也会增加。

总的说来，径流量越大意味着侵蚀越严重。相反，植物的叶子和根系之类会减少径流量，也会减少侵蚀。即使沙漠中降水很少，但常有大径流和侵蚀，这是因为沙漠中植被稀少。在潮湿地区，径流和侵蚀都较轻微，因为有较多的植物保护地面。

☑ ***想一想*** ***决定一个地区径流量的因素有哪些？***

河网水系

溪流通过从支流获得水，从而形成大的溪流或河流。**支流(tributary)**是流入较大一级河流的小河流。小溪流进大河流就成为大河流的支流。一条大河汇入另一条大河也如此。比如，密苏里河在圣路易斯城附近汇入密西西比河而成为它的支流，尽管这两条河的大小是一样的。

试一试

下雨

活动

找出下雨是如何影响土壤的。

1. 在培养皿中填上1厘米厚的细土，使土壤表面平整，但不要用力压它。
2. 把培养皿放在一张报纸的中央。
3. 往滴管中加满水。在1米高度挤出一大滴水滴到土壤表面。重复4次。
4. 用米尺测量土壤溅出培养皿的距离。记录观察结果。
5. 重复1到4步，这次的高度是离土面2米。哪一个溅得更远，1米还是2米？

得出结论 哪一次产生的侵蚀更厉害？为什么？

读图 3-8，观察俄亥俄河的所有支流。所有的溪流——从细小的切沟到大河——组成的河网水系包罗了北美东部的一大片区域。**流域(drainage basin)**是河流及其支流的集水区域。

如果你溯源而上，你最终将到达分水岭。**分水岭 (divide)** 是两个流域间的高地。美国最著名的分水岭是沿着落基山脉高地的大陆分水岭，大陆分水岭把流入墨西哥湾的河流和流入大盆地或太平洋的河流分了开来。



图3-8 俄亥俄河流域包括北美东部的大部分地区。

图解 哪些河流是俄亥俄河的支流？支流会不会出现在流域以外？

河流侵蚀

科学家根据侵蚀结果对河流进行分类。**经过侵蚀，河流形成河谷、瀑布、泛滥平原、曲流和牛轭湖。**

河流常常发源于陡峭的山坡上。在源头附近，河水的流速很快，因此通常有一个直而狭窄的河道。沿河而下，陡坡侵蚀很快，最终形成深切的 V 形谷。

瀑布常常形成于岩石坚硬且侵蚀较慢的河段。若河流上游是坚硬的岩石，下游是较软的岩石，那么较软的岩石比坚硬的岩石更容易被磨蚀。于时，在较软的岩石被侵蚀的地方就形成了瀑布。图3-9中的尼亚加拉瀑布就是这样形成的。在河流撞击坚硬岩石的地方也会产生急流。

图3-9 尼亚加拉瀑布位于连接伊利湖和安大略湖的尼亚加拉河上。在易侵蚀的较软的岩石上有一层较硬的岩石。当较软岩石被侵蚀后，坚硬岩石成片状剥落，形成急流而下的瀑布。









图3-10 牛轭湖(上)原来是阿拉斯加州卡萨纳卡河道的一部分。澳大利亚的某条河形成了许多的弯曲河道(右)。

沿河而下，河流通常流经许多缓坡地面。河水泛滥并侵蚀这些地方，就形成一个宽大的河谷。这块沿河的平坦、宽阔的区域称为**泛滥平原(flood plain)**。洪水期间，河水常会溢出河堤而漫上泛滥平原。宽阔的泛滥平原上，河岸可能距离河流有数公里之远。

当河流流经易侵蚀的岩石或沉积物的时候，常形成曲流。**曲流(meander)**是指河流环状弯曲的河道。当河流两边不断加宽时，河流的凹岸受到侵蚀，凸岸堆积。最终，河流变得越来越弯曲。

当河流流经较平缓的部分松散沉积物区或软性岩石区时，能侵蚀很宽的泛滥平原。河流这部分的河床深且宽。曲流常出现在这部分河道里。密西西比河的南支就是一条河流在平缓而宽阔的泛滥平原上生成曲流的典型例子。

曲流的一个特例便是牛轭湖。**牛轭湖(oxbow lake)**是曲流河被分隔的部分。发洪水可能形成牛轭湖。洪水期间，高水位的河水会直流而下。当洪水退下，沉积物便会堵塞曲流的两端，使之成为牛轭湖。

☑ **想一想** ***牛轭湖是怎样形成的？***

河流沉积

河水流动过程中，携带了大量的沉积物。当水流速度减缓时，就会有沉积物沉积下来。这时候，细小的颗粒就会在河床沉积，较大的石头也会停止翻滚和滑动。**沉积作用形成如冲积扇和三角洲等地貌形态，同时给泛滥平原带来土壤**。在第 78 ~ 79 页的探索河道中，你会看到河流塑造的各种地形特征。



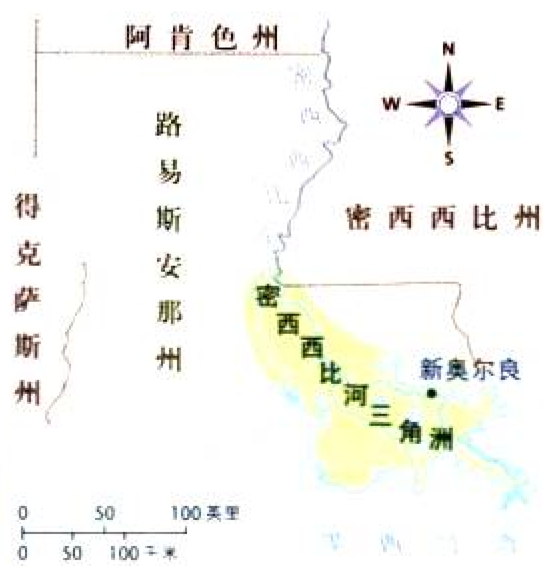
图3-11 加利福尼亚死亡谷中的冲积扇就是河流冲出大山时沉积而成的。

冲积扇 小河流出陡峭、狭窄的山谷的时候，会突然变宽变浅，水流也会减慢。沉积物在这里沉积下来，便形成了冲积扇。**冲积扇 (alluvial fan)** 是河流离开山系时形成的巨大的坡形沉积体。顾名思义，这个沉积体的形状像一把扇子一样。

三角洲 河流最终流入相对静止的水体，如海洋和湖泊。因为河流不再有坡降，所以流速减慢，河水所携带的沉积物在这里沉入河底。沉积物在河流与海洋或湖泊交汇处形成的地貌形态为**三角洲 (delta)**。三角洲有各种各样的形状：一些是扇形的，一些是三角形的。密西西比河三角洲是典型的鸟足形三角洲。

泛滥平原上的土壤 洪水期间也会发生沉积。大雨或融雪导致水位上升，河水超过河岸在平原上泛滥。当洪水退却时，沉积下来的沉积物成为新的土壤。在泛滥平原上沉积下来的新土壤使得河谷非常肥沃。茂密的森林可以在肥沃的泛滥平原上生长。这种土壤也适用于种植庄稼。

与生命科学的综合



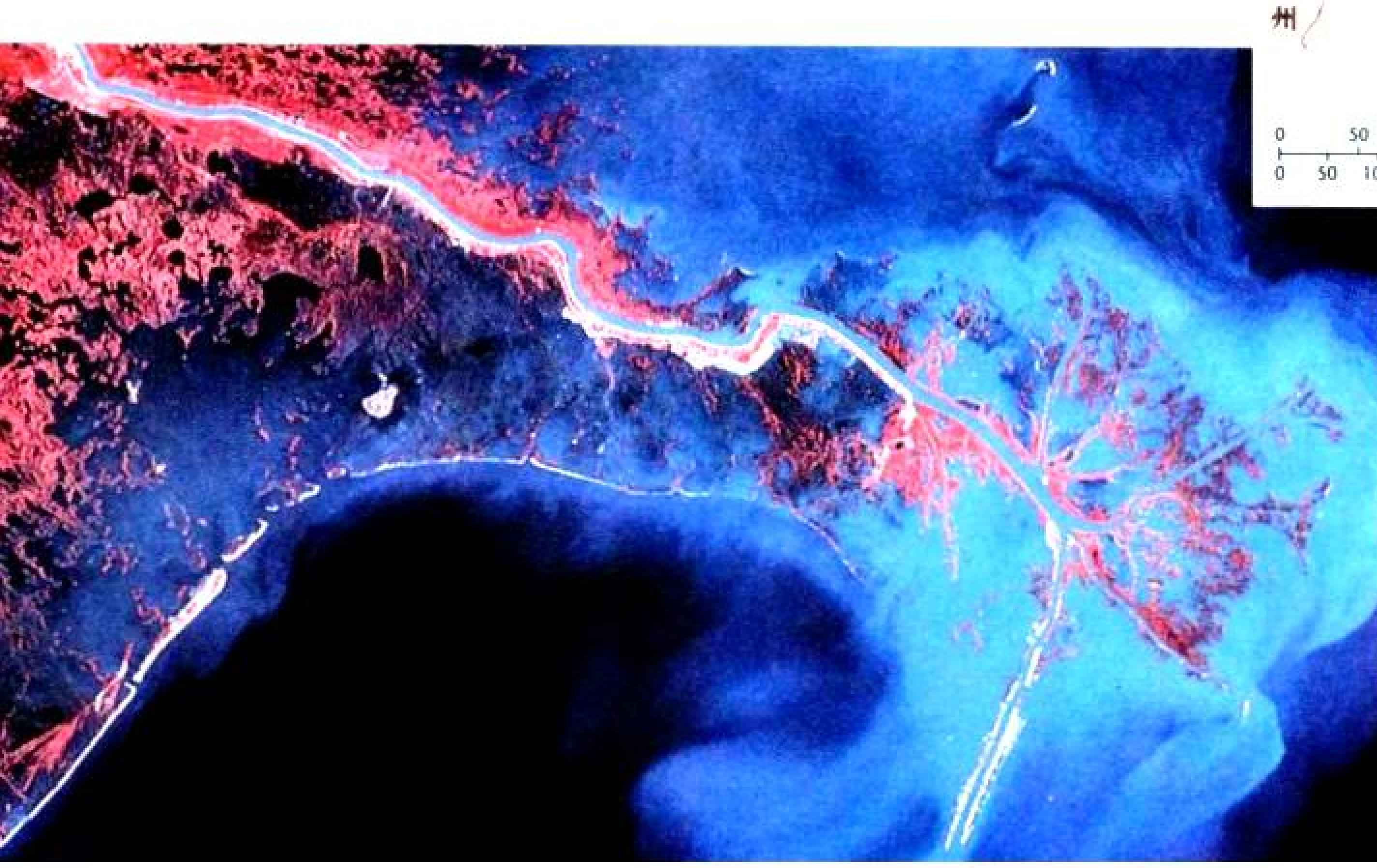


图3-12 卫星图像显示了密西西比河三角洲的一部分，这部分总是处在生长和变化之中。

观察 *流经三角洲时密西西比河发生了什么变化？你能找出密西西比河的主河道吗？*

探索 河道

河流的坡度和大小，以及它流经的地面决定了河流将如何塑造地面形态。




瀑布和急流　河流流经较硬的岩石时常出现瀑布和急流。
V形谷　在源头附近，河流常流经一个深切的V形河谷。河流通过时会切蚀出一个更深的河谷。
曲流　当河流流经易侵蚀的沉积物时，河道形成一系列弯曲河道。
牛轭湖
泛滥平原　当河流拓宽河谷的侵蚀力大于加深河谷的侵蚀力时，形成泛滥平原。
沙滩　河流携带而来的沙子遍布海岸，形成沙滩。

地下水侵蚀和沉积作用

降雨和融雪时，并不是所有的水都被蒸发掉或形成径流跑掉。一些水渗入地下，填满土壤空隙，渗入岩层裂缝和岩层间。**地下水(groundwater)**是地质学家用来指地面以下的水体的专用名词。与地面流动的水一样，地下水也能影响陆地形态。

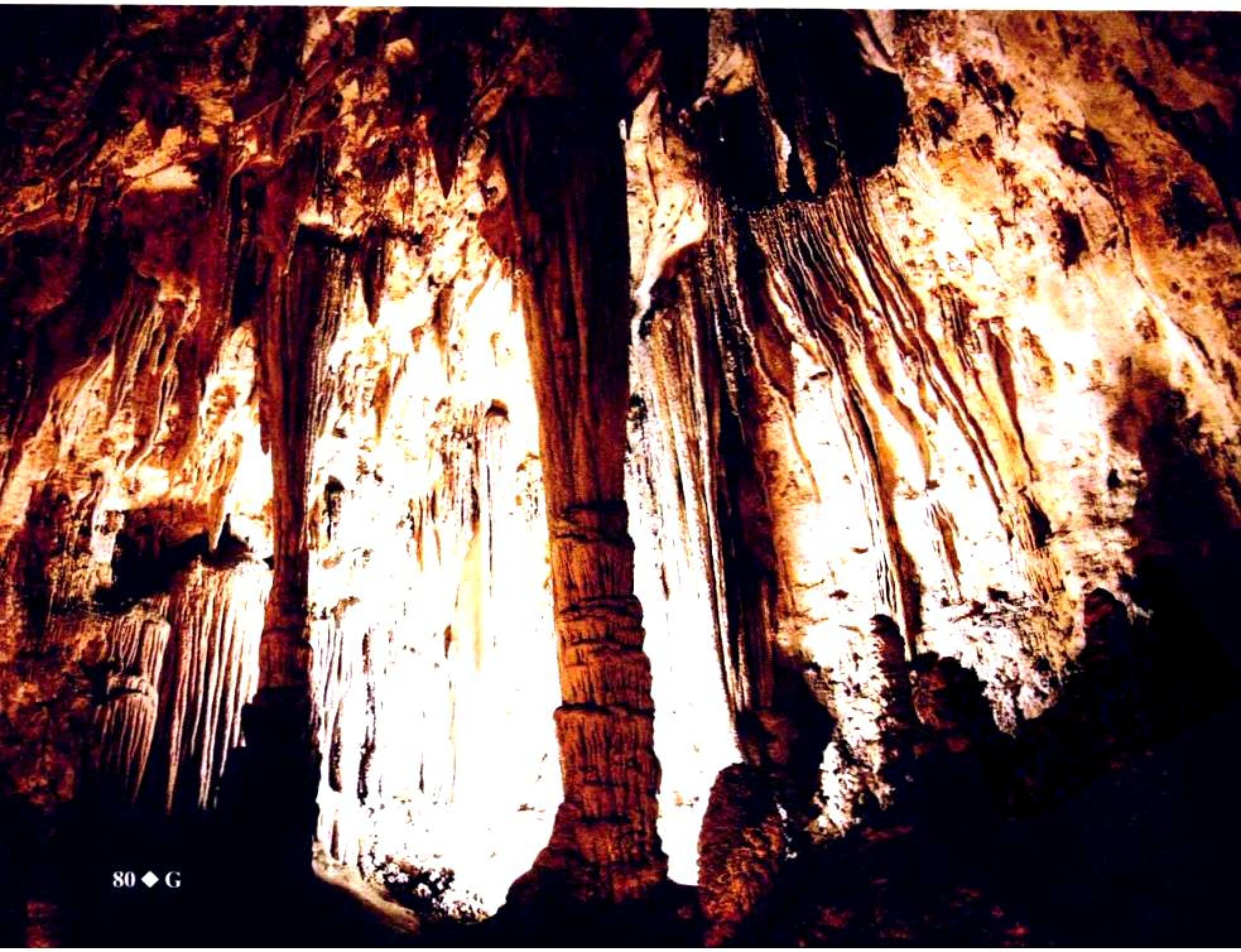
与化学的综合

地下水通过化学风化过程产生侵蚀作用。当水渗入地面，它结合二氧化碳形成一种弱酸，称为碳酸。碳酸能侵蚀石灰岩。含有碳酸的地下水流入石灰岩的缝隙，一些石灰岩发生化学变化并溶解于水被带走，这样慢慢地就把岩石掏出一些小孔来。时间一久，这些小孔就逐渐变成地下的一个个大洞——称为溶洞或岩洞。

碳酸在石灰岩上的作用也会导致沉积作用。在石灰岩洞穴中，常形成钟乳石和石笋。含有碳酸和钙的水从溶洞顶部滴下来。水蒸发后，形成钙的沉积物。从洞顶上垂下来的

图3-13 几百万年来，石灰岩的化学风化和地下水的侵蚀塑造了新墨西哥州的卡尔斯巴德溶洞的奇观。

图解 *从卡尔斯巴德溶洞的照片上可以看到哪些沉积作用的证据？*





像冰柱一样的沉积物称为**钟乳石(stalactite)**。缓慢滴下来的水在洞底生成锥形的**石笋(stalagmite)**。

在石灰岩分布的多雨地区，地下水的侵蚀作用能显著地改变地表形态。由于雨水极易渗入风化了的石灰岩，因而很难形成溪流。但是在这种地区常能见到深谷和溶洞。如果洞顶因为石灰岩的侵蚀而崩塌，所引起的下陷称为落水洞(灰岩坑)。这种地形以东欧的一个地名命名为**喀斯特地形(karst topography)**。在美国，佛罗里达州、肯塔基州和印第安纳州有喀斯特地形分布。

图3-14 这些落水洞是喀斯特地形的典型特征之一。落水洞给生活在喀斯特地形区的人们带来了危害。

第二节复习

1. 地表侵蚀的主要原因是什么？
2. 简要描述河流和溪流侵蚀地表时的五个特征。
3. 沿河而下河道沉积作用的结果是什么？
4. 地下水是如何侵蚀的？
5. **理性思维** **对比** 冲积扇与三角洲有哪些相同点、哪些不同点？

身边的科学

在一个小盘子里，用27块小方糖搭一个立方体。立方体的每边为三颗方糖。把一张纸巾叠起来使之能套在立方体的头上。打湿纸巾，放在立方体上，让它坚持15～20分钟。每隔几分钟，喷几滴水在纸巾上保持它的潮湿。然后移走纸巾。立方体发生了什么变化？水对方糖的作用与地下水侵蚀石灰岩有什么相似之处？有什么不同？

河流作用

侵蚀能形成冲沟、带走表层土、使河流携带沉积物。用一个河流图表观察侵蚀作用。

问题

河流和溪流是如何侵蚀地表的?

技能

建立模型、观察

材料

大于等于27厘米 × 40厘米 × 10厘米的塑料盆
硅藻土　塑料量杯
喷射瓶　手用放大镜
手表或闹钟　水
金属匙　塑料泡沫杯
蓝色食物色素　洗涤剂
剪刀
2块2.5厘米厚的木板
2～3升的一桶水或水龙头
10～12厘米长、中空的塑料吸管
13～15厘米长的金属丝，20个标准度量



制作滴水器

1. 把金属丝穿进塑料吸管，两端都要留出一部分金属丝。
2. 轻轻地把塑料吸管弯成U形，小心不要有尖角。这样就做好了一个滴水器。
3. 用剪刀小心地在泡沫杯的边上剪出两个相对的口子。
4. 往杯子里加入用蓝色生物色素染过色的水，直到凹口处，但不要溢出。以后每次加水时也加一些色素。
5. 加一滴洗涤剂，把滴水器里的气泡排出，并能加快流速。
6. 启动滴水器前，先将它加满水。然后倾斜，把它放在杯子的一个口子里，如上图所示。
7. 调整流速，达到每秒钟2滴水。
   提示：滴水器越弯，流速越快。反之则慢。

实验步骤

A部分　制造随时间变化的小溪

1. 老师会提供你一个装有浸过水的硅藻土的塑料盆。把盆放在水平桌面上。
   注意：一旦吸入干的硅藻土产生的灰尘，会感到很刺鼻。因此，要保持硅藻土的潮湿，可轻轻地洒点水。
2. 盆的一侧可能含有较多的硅藻土，用木块把这侧抬高2.5厘米。
3. 把杯子放在斜面的顶端，并使杯子的两个凹口一左一右。
4. 把杯子固定在土中。
5. 启动滴水器(见上框中的第6步)。让水滴在右边的硅藻土中。
6. 一直滴5分钟的水。

提示：加水时不要打翻滴水器。

7. 观察水流及其变化。用放大镜观察溪流的河床。
8. 5分钟后，移走滴水器。
9. 在实验手册上，作图表示水流的结果并标明“5分钟”。
10. 现在把滴水器换到杯子的左边。重新启动滴水器并滴10分钟的水。然后移走滴水器。
11. 画图并标明“10分钟”。

B部分 改变斜坡的角度

1. 把杯子从水槽中移走。
2. 保留盆里右边的河床。用小匙把左边的硅藻土都挖出来。
3. 增加水槽的倾斜度，把管子抬高2.5厘米。



4. 在实验手册上，预测增加坡度的影响。
5. 重新放置杯子，再启动滴水器，把它放在杯子左边的口子上。滴5分钟的水。注意新河床的变化。
6. 在5分钟后，移走滴水器。
7. 在实验手册上画下新的河床，并标明“抬升后”。
8. 实验结束后，在老师的指导下做好清理工作。清理完后要洗手。

分析与结论

1. **观察** 比较5分钟和10分钟的水流。水流时间的长短对河床侵蚀有什么影响？
2. **得出结论** 你对增加坡度后的结果的预测正确吗？作出解释。
3. **观察** 被携带向下流动的侵蚀物质最终如何？
4. **建立模型** 从你的模型中，可以观察出溪流的哪些特征？可以怎样调节你的模型，以获得更多溪流的特征？
5. **控制变量** 除了时间和坡度外，还有哪些因素影响河流侵蚀地面？
6. **交流** 描述一个你见过的流水侵蚀的例子。例如大雨之后雨水从山坡或街道上流下来等。你的回答中需要包括那个地区的坡度是多少，水的颜色是什么，侵蚀的结果怎样等内容。

实验设计

设计一个实验，用模型来测量河流流量增加时河流携带的沉积物的变化。做这个实验前要征得老师的同意。

保卫泛滥平原上的家园

美国至少有1 000万的家庭生活在泛滥平原上。生活在河边是很诱人的。河边的土地往往很平坦，易于修建房屋。但由于有许多人居住在泛滥平原上，洪灾的损失也增加了。沿河的社区想要减少洪灾损失。他们想知道如何保护生活在泛滥平原上的人和房屋，以及如何阻止更多的人搬往泛滥平原来生活。



争论焦点

政府是不是应该承担洪灾保险？ 美国政府为生活在泛滥平原上的家庭提供保险。保险公司赔偿洪水之后的部分修复费用。保险可以帮助人，但价格很贵。只有17%生活在泛滥平原的人购买政府保险。政府洪水保险仅提供给采取措施减少洪水灾害的地方。那里只允许在高地修建房屋。保险公司不会支付曾在洪水中受过重创后修建房子的费用。因此，人们必须花钱在其他地方找房子。

批评者说保险费只会鼓励大家回到发洪水的地方去。支持者们说制定规则来控制在泛滥平原建房，城、镇会得到回报。

泛滥平原上多大面积需要保护？ 政府洪水保险只提供给科学家认为100年或500年才发一次洪水的地区。这些数字都是估计数字。在加利福尼亚州的萨克拉门托的一个政府洪水保险地区12年发生了3次洪水。

政府是否应该告诉人们可以在何处生活？ 一些洪水控制计划禁止任何新的建筑。另一些计划也鼓励大家搬到更安全的地方。1997年南达科他州大福克斯市的雷德河水灾就是一例。水灾后，大福克斯市买下了沿河所有受灾的建筑。市政府想要建起一堵高高的土墙来保护城市的剩余部分。

大福克斯市的计划也许能防止未来的损失，但是合理吗？支持者们说既然政府会赔偿洪灾，那就应该让人们搬离泛滥平原。批评者们则说人们有权生活在任何他希望居住的地方，哪怕那里很危险。

应该由谁来决定在什么范围内不可以建新房子呢？谁来决定哪些人应该从泛滥平原搬走呢？是当地政府、州政府还是美国国家政府官员？专家没能达成共识。也有些人认为应该由科学家来做这个决定。

你的观点

1. 确定议题

用自己的话，描述关于泛滥平原和房屋的争论。

2. 分析观点

列出能够减少泛滥平原上房屋损害的措施。每一步都要列出谁从中受益，谁承担损失。

3. 得出结论

你所在城镇决定要为50年来最严重的洪水带来的损失做点事情。写一篇演讲稿来表述你的解决方案。

SECTION 3 流水的力量

探索 活动

沉积物是如何沉积的

1. 戴上你的护目镜。
2. 找一个干净的塑料广口瓶。往瓶中装满 $\frac{2}{3}$ 的水。
3. 在一个塑料烧杯中加满 200 毫升粗细不一的沙、土、黏土和小玻璃珠。
4. 把混合物倒入广口瓶中，拧紧盖子，摇晃两分钟。摇晃时，千万要抓紧瓶。
5. 把瓶倒过来并观察 10 ~ 15 分钟。



思考

推理 瓶子里沉积物以什么顺序沉淀？你认为这是什么原因造成的？

位于新罕布什尔州和马萨诸塞州的梅里马克河只有180千米长。但是梅里马克河从高山流入大海的过程中做了很多功。河流通过许多急流和瀑布下降了82米。在19世纪，人们利用这个落差来发动机器。这些机器能快捷而便宜地纺线织布。因为利用了水力，沿河的小城镇很快发展成了城市。

阅读指南

- 什么使得水能做功？
- 沉积物是如何进入河流的？
- 河流的侵蚀和搬运沉积物的能力受什么因素的影响？

阅读提示 阅读前，抄写本节中含有什么、为什么、如何等字眼的小标题。边读边找答案。

功和能

因为河水是有能量的，所以梅里马克河的河水能启动机器。**能(energy)** 是做功和发生改变的能力。能有两种形式。**势能 (potential energy)** 是储存起来的日后能被利用的能量。梅里马克河的河水由于水位高于海平面而具有势能。**动能 (kinetic energy)** 是物体因运动而具有的能量。**由于重力总是牵引水向下运动，河水的势能就转换为能做功的动能。**

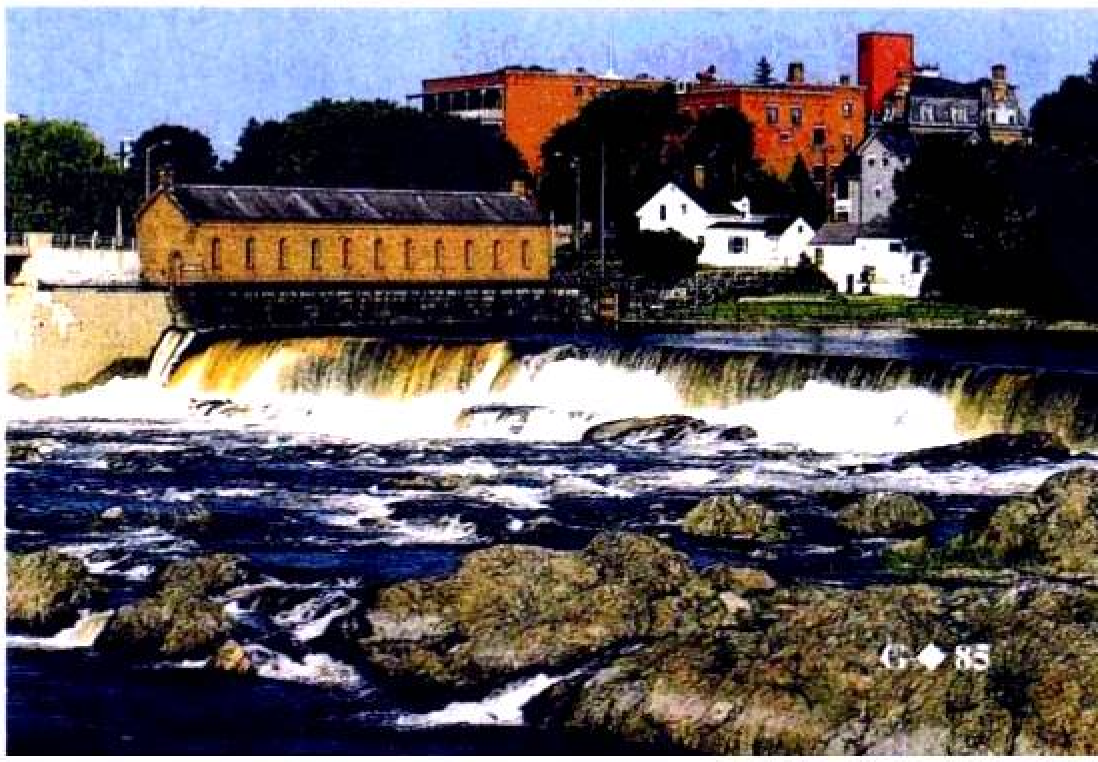


图3-15 马萨诸塞州洛厄尔的梅里马克河上的大坝利用了流水的能量。

能做功的时候，能量从一个物体转移到另一个物体。梅里马克河上的纺织磨房把流水的动能转换为转动机器的能量。动能被人类利用为织布的机械能。沿河而下，动能还做其他的功。河流总是从山上向大海不断地搬运沉积物。同时，河流还在侵蚀河床和河谷。

社会研究链接

马萨诸塞州的洛厄尔棉纺厂建于19世纪20年代。这些作坊从新英格兰的小镇和农场雇佣年轻女工。当时，女人在户外工作是不正常的。作坊里的工作时间很长而薪水很低。但是作坊里的工作帮助这些女工能挣一点自己的零用钱。后来大部分人还是回到了自己的家乡。

阅读 DIY

查阅图书馆的资料，了解当年作坊工人的日常生活。写一篇日记描述工人一天的生活。

☑ ***想一想*** *什么是势能和动能？*

水是如何侵蚀和搬运沉积物的？

重力引起了水在地球表面的运动。但是水是如何引起侵蚀的？在水体侵蚀过程中，河水挟带并搬运沉积物。沉积物包括土壤、岩石、黏土和沙。沉积物可以以多种方式进入河流。**大部分沉积物因为块体运动和径流作用而被冲进或落入河流。一些沉积物则是从河堤或河床侵蚀而来。**风也会把一部分沉积物带入水中。

磨蚀是河流获得沉积物的另一个过程。**磨蚀(abrasion)**就是指通过磨损作用来剥蚀岩石。磨蚀是流水中的沉积物颗粒不断撞击河床的过程。磨蚀作用磨碎了沉积物颗粒。比方说，石块在河床底的搬运过程中变得越来越小。沉积物也与河床的岩石互相摩擦、磨损，从而加深、加宽河道。

河流携带沉积物的数量就是河流**输沙量(load)**。重力和流水动力使得沉积物向下游运动。较大的沉积物沉降到河底，滚动和滑动前进。流速快的水能掀起沙子和其他较小的沉积物并携带它们而下。水还能完全溶解一部分沉积物。河流以溶液形式搬运这部分沉积物。仔细阅读图3-16，会发现河流以不同的方式搬运沉积物。注意多大的沙粒或细石才能以跳跃方式搬运。

图3-16 河流以好几种方式携带沉积物。
预测 *河底的石头最终将发生什么变化？*



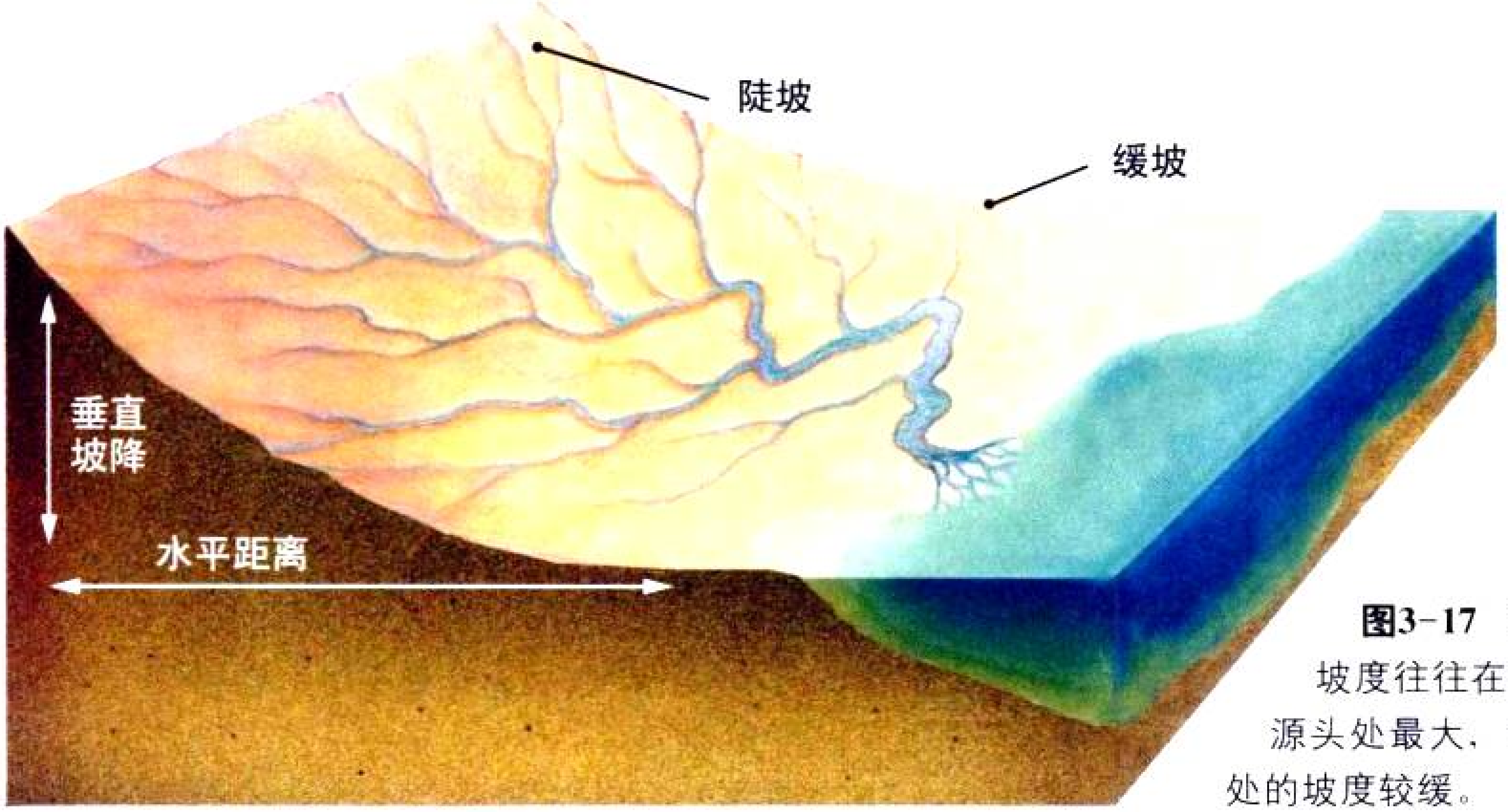


图3-17 河流的坡度往往在河流的源头处最大，而河口处的坡度较缓。

侵蚀和输沙量

河流侵蚀和搬运沉积物的能力受几个因素的影响。**河流的坡降、流量和河床形态都会影响河流的流速和侵蚀能力。**

流速快的河流携带较多较大的沉积物。当流速慢下来时，输沙量也随之减少。粗颗粒的沉积物先沉淀。

坡降 一般来说，如果河流的坡降增加，河流流速也会增加。河流的坡降是指一定范围内河流海拔的下降量。如果流速加快，河流的输沙量和侵蚀能力也增加。但是其他因素也会影响河流侵蚀和搬运沉积物的量。

流量 河流的流量是指一定时间内通过某点的水量。汇入河流的水越多，流速越快。洪水期间，增加的流量使河流能更深地下切河床和河堤。洪水期的河流的侵蚀力是平水期的几百倍。洪水期的河流能携带大量的沙、土和其他沉积物，还能像搬运鹅卵石一样搬运较大石头。

河床形态 河床的形态影响水与河床之间的摩擦。**摩擦力(friction)**是物体在另一物体表面运动时阻碍它运动的力。反过来，摩擦力会影响河流的流速。河流越深，与河床接触的水体就越少，这样摩擦减少了，河

增进技能

提出假设 活动

地质学家对冲积扇进行了比较。一个冲积扇由砾石和小的漂石组成，另一个则由沙和淤泥组成。提出假设来解释这两个冲积扇颗粒大小的不同。

提示： 想象形成每个冲积扇的河流特点。

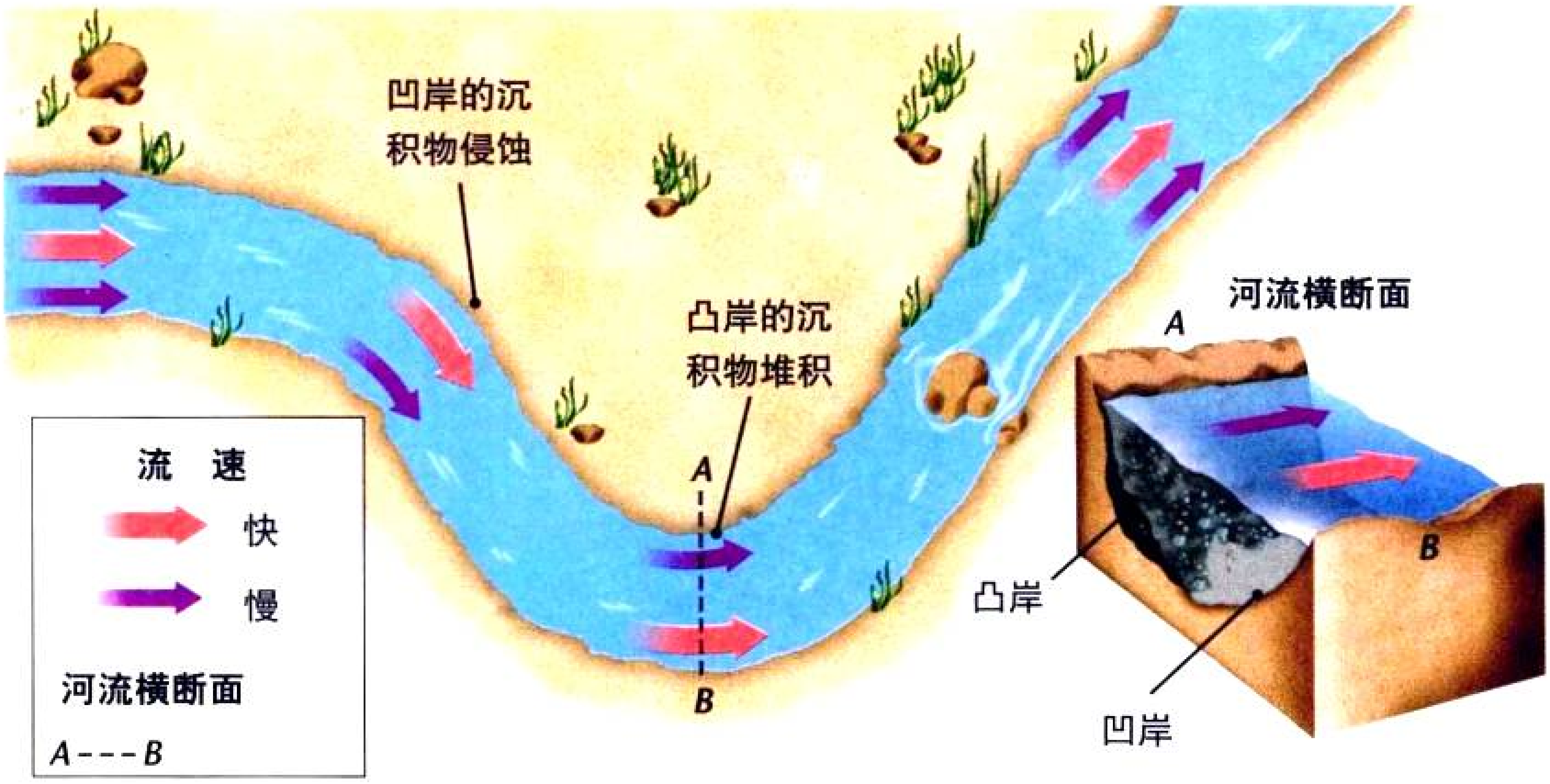


图 3-18　河流在凹岸侵蚀、凸岸堆积。
因果推断　*为什么河流是在凸岸堆积？*

流的流速便加快了。在浅河中，与河床接触的水体多，因而摩擦大，减慢了河流的流速。

河床里布满了漂石和其他障碍物。这个粗糙的表面阻碍了河水的顺畅流动，并加大了摩擦，减慢了水流速度。除了向下游运动外，水以另一种称为**紊流(turbulence)**的运动形式朝各个方向运动。比方说，在陡坡上的河流可能比在缓坡上的大河的流速还要慢。摩擦和紊流使水流速度变得缓慢。但是紊流的河流更具有侵蚀力。

河流形态也影响沉积物沉积的方式。河流为直流时，河流中央的水比两侧的水流得快。河的两边发生沉积作用，那里的水流得更慢。

如果河流是弯曲的，沿着凹岸的水流得最快。河流会侵蚀这里的河堤。沉积物在凸岸沉积，这里的水流也最慢。图3-18中显示了这一过程。

第三节复习

1. 地表流动的水是如何做功的？
2. 河流是如何获得沉积物的？
3. 影响河流输沙量的三个因素是什么？
4. 描述河流中沉积物运动的三种方式。
5. **理性思维**　**因果推断**　加大坡度对河流流速和输沙量有什么影响？解释原因。

课题 3

检查进度

画一张图模拟一个你要做模型的地貌。这个地貌是没有受到侵蚀前的地貌。在模型中你要显示哪种地形？图中要包括一个高山和一条海岸线。列出要建立这个模型所需的材料。老师批准你的画和材料单后，就可以建模型了。

SECTION 4

冰 川

探 索 活 动

冰川是如何改变地表的



1. 在塑料容器内放入一些沙。
2. 往容器内加满水并把它放进冷冻室直到水结成冰。
3. 把冰块从容器中取出来。
4. 用一张纸巾拿着冰，让有沙的一端朝下，放在一块肥皂上擦一擦。

思考

推理 在观察的基础上，你认为移动的冰会怎样改变地表的形态？

阅读指南

- 有哪两种冰川？
- 冰川是如何引起侵蚀和沉积的？

阅读提示 阅读前，预习本章的标题和关键词。预习冰川的一些特点。

乘船在阿拉斯加的海岸附近做一次航行，你会穿过巨大的常绿森林和白雪覆顶的山脉。当船围着陆地的某点转时，你将看到一个有趣的景象：在群山间蜿蜒着一条冰冻的河流。突然一声巨响，在冰河与海洋相会的地方，一大块冰破碎之后掉进水中。小心地把船靠近冰山附近并面向这座冰山。它比你的船要高出很多。你会看到它是由泛白色的深蓝绿色固体冰块组成的。这条冰河是什么？

冰川类型

地质学家把在地表缓慢移动的大冰体定义为**冰川 (glacier)**。**有两种冰川——山岳冰川和大陆冰川。**

山岳冰川 (valley glacier) 是冰雪在山谷之中堆积而成的长长的狭窄冰川。群山的限制使得这些冰川不会朝各个方向扩散。相反，它们常常流进已被河流切割的山谷。山岳冰川可见于许多高山之间。

大陆冰川(continental glacier) 是覆盖了一个大陆或大岛屿大部分地区的冰川。大陆冰川比山岳冰川要大得多。它们覆盖了陆地的大部分地区。现在，大陆冰川覆盖了地球上10%的陆地面积，包括南极洲

图 3-19 阿拉斯加的门登霍尔冰川蜿蜒在群山中。

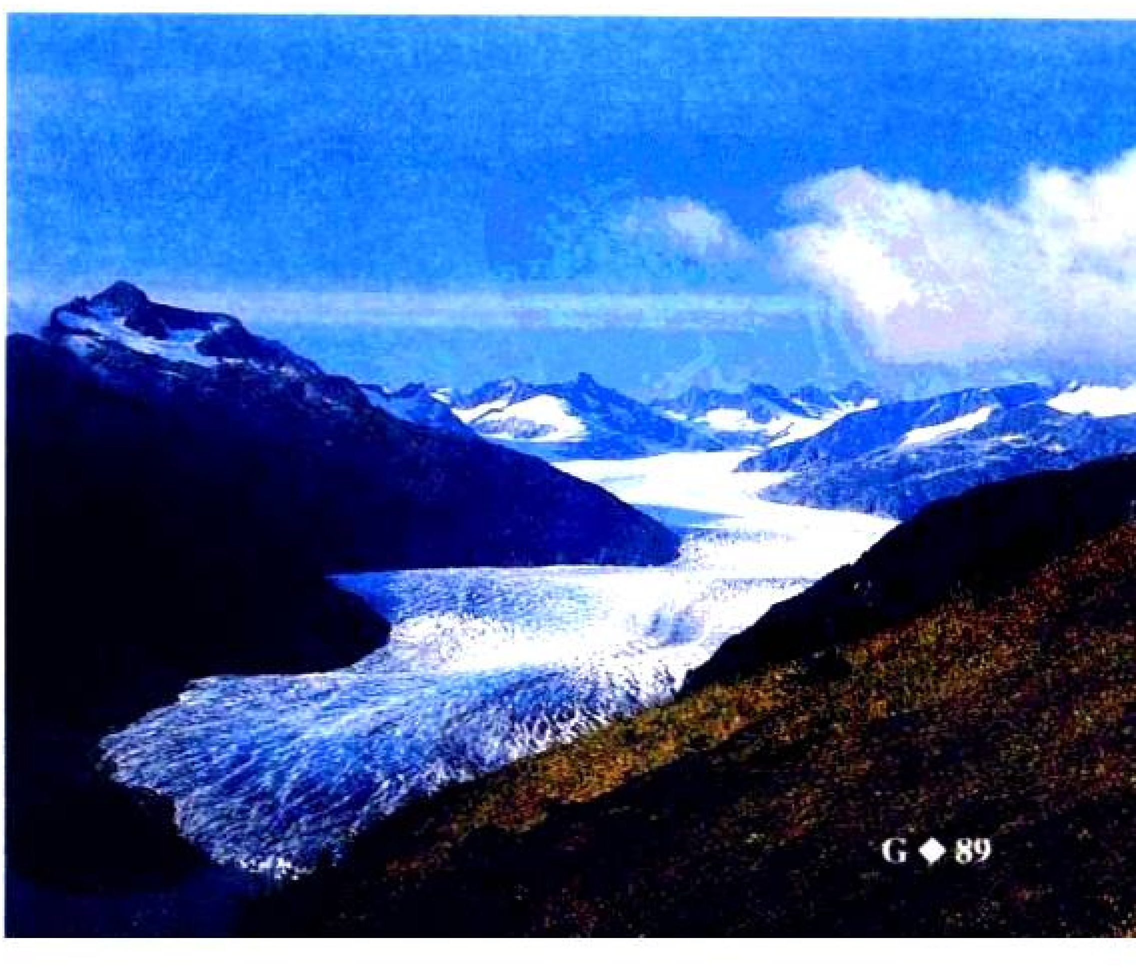




图 3-20 末次冰期时的大陆冰川覆盖了大半个加拿大和阿拉斯加以及美国北部地区。冰期持续了7万年，在1万年前结束。

和大半个格陵兰岛。南极洲的大陆冰川面积超过1 400万平方千米，厚达2千米。

冰期

在过去，大陆冰川曾多次覆盖地球表面的大部分地区。这种时期被称为**冰期(ice age)**。比方说，大约在900万年前，大陆冰川在北美、欧洲和亚洲形成。这些冰川慢慢向南发展。到250万年前，几乎覆盖了整个地表的$\frac{1}{3}$。冰川消长、融化了好几次。图3-20中显示了在最近的冰期中北美洲的冰川向南伸展的距离。这些冰川最终在1万年前消退了。

冰川的形成和运动

只有在降雪量大于融雪量的地方才能形成冰川。在高高的山谷中，温度很少升到零度以上。雪常年不断地堆积下来，越来越多地覆盖在上面，雪的重力把底部的雪压紧了。一旦冰雪的厚度达到30～40米，重力就开始把冰川向下拉。

山岳冰川每天只能流动几厘米到几米。但是有时山岳冰川会很快滑落，称为冰川涌流。一个发生涌流的冰川一年能流动6千米。与山岳冰川不同的是，大陆冰川向四周流动，就像煎锅里做蛋糕的面糊一样。

☑ ***想一想　冰川是如何形成的？***

冰川侵蚀

冰川的运动改变了下面的陆地。虽然冰川的作用很缓慢，但它也是主要的侵蚀力之一。**冰川侵蚀地面的两种方式是挖掘过程和磨蚀过程。**

冰川在地表流动时，将碎石掘起并带走的过程为**挖掘过程(plucking)**。冰的重量能将冰川下面的岩石压碎。这些岩石碎块被冻结在冰川的底部。冰川运动时，带走了这些

破碎的岩石。图 3-21 中显示了冰川的挖掘作用，挖掘作用能带走较大的石块。

许多岩石被冻结在冰川底部，冰川拖着它们在地面运动。这个过程被称为磨蚀过程，它研磨、剥蚀着基岩。在第92～93页的探索冰川地貌中你将看到侵蚀的结果。

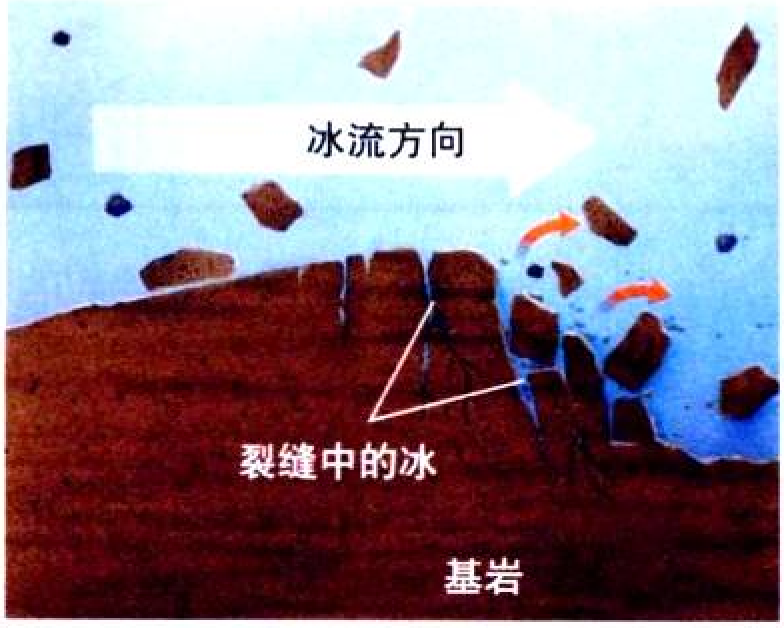


图 3-21 冰川向山下运动时，从地面挖掘基岩碎块。

预测 *冰川融化后，可以找到哪些挖掘作用的证据？*

冰川堆积作用

冰川在侵蚀移动的过程中收集了大量的岩石和土壤。**当冰川融化时，它侵蚀而来的碎屑物将堆积下来，产生各种各样的地形。**在冰川融化几千年以后，这些地形还会保留下来。

冰川在地面堆积的混合物称为**冰碛物(till)**。冰碛物由大小不同的颗粒组成，如黏土、沙、砾石和石块等。

冰川边缘的垄状冰碛物称为**冰碛垄(moraine)**。终碛垄是冰川到达最远点形成的垄状冰碛物。纽约的长岛便是末次冰期时大陆冰川形成的终碛垄。

与生命科学的综合 冰川堆积物的另一个特点就是壶穴。壶穴是指大陆冰川融化时流动水在冰碛物中形成的浅坑。现在的壶穴并不终年有水。一个壶穴就是生物的一个小绿洲。在壶穴的周围生长着茂密的草和水生植物。春天，融雪和降水溢满壶穴，成千上万的野鸭和其他的鸟类在向北迁徙的旅途中会在这些壶穴停留、觅食，有些还留下来筑巢，哺育后代。



图 3-22 威斯康星州的壶穴被农场包围。冰川堆积时在冰碛物中留下了壶穴。

探索 冰川地貌

冰川在消长过程中，通过侵蚀和沉积作用来塑造地形。



消退的冰川产生被称为锅穴的地貌特征。遗留在冰碛物中的冰柱所形成的一个浅坑就是**锅穴 (kettle)**。冰融化后，锅穴被保留下来。大陆冰川在末次冰期时留下了许多锅穴。锅穴常常充满水，形成一个个小池塘或湖泊，被称为锅穴湖。这些湖泊常见于原来被冰覆盖的地方。

末次冰期的大陆冰川还形成了五大湖。冰期前，现在为湖泊的地方原来是大河谷。当冰川向河谷流动时，掏空了松散的沉积物和软的岩石，形成宽阔深切的盆地。冰川融化后，水填满了这些盆地，几千年后就形成了五大湖。



第四节复习

1. 山岳冰川与大陆冰川有什么不同？
2. 有哪两种冰川侵蚀类型？
3. 描述冰川沉积的三个特征。
4. **理性思维** **因果推断** 开车穿过密歇根州的郊区，你和家人发现一系列小而圆的湖泊。解释这些湖泊的形成过程。

课题 3

检查进度

现在开始准备建立第二个模型。在作图预测侵蚀和沉积作用的影响后，仿制一个模型。这个模型要能显示重力、水和冰川是如何改变地貌的。在模型的什么地方可能形成冰川？

SECTION 5
波 浪

探 索 活 动

沙子是由什么组成的

1. 从两个不同的海滩各收集一把沙子。这两个样品也可以来自同一海滩的不同地方。
2. 用手持放大镜观察第一个样品。
3. 记录沙子的颗粒特征，例如颜色和形状。这些沙粒是圆滑的还是棱角状粗糙的？样品中的所有沙粒都是一样的形状和颜色吗？
4. 观察第二个样品，重复第3步。比较结果如何？

思考

提出问题 要了解沙子，你需要提出哪些问题？用你所知道的侵蚀和沉积的知识来帮助你回答问题。

阅读指南

- 什么给了波浪能量？
- 波浪是如何塑造海岸的？

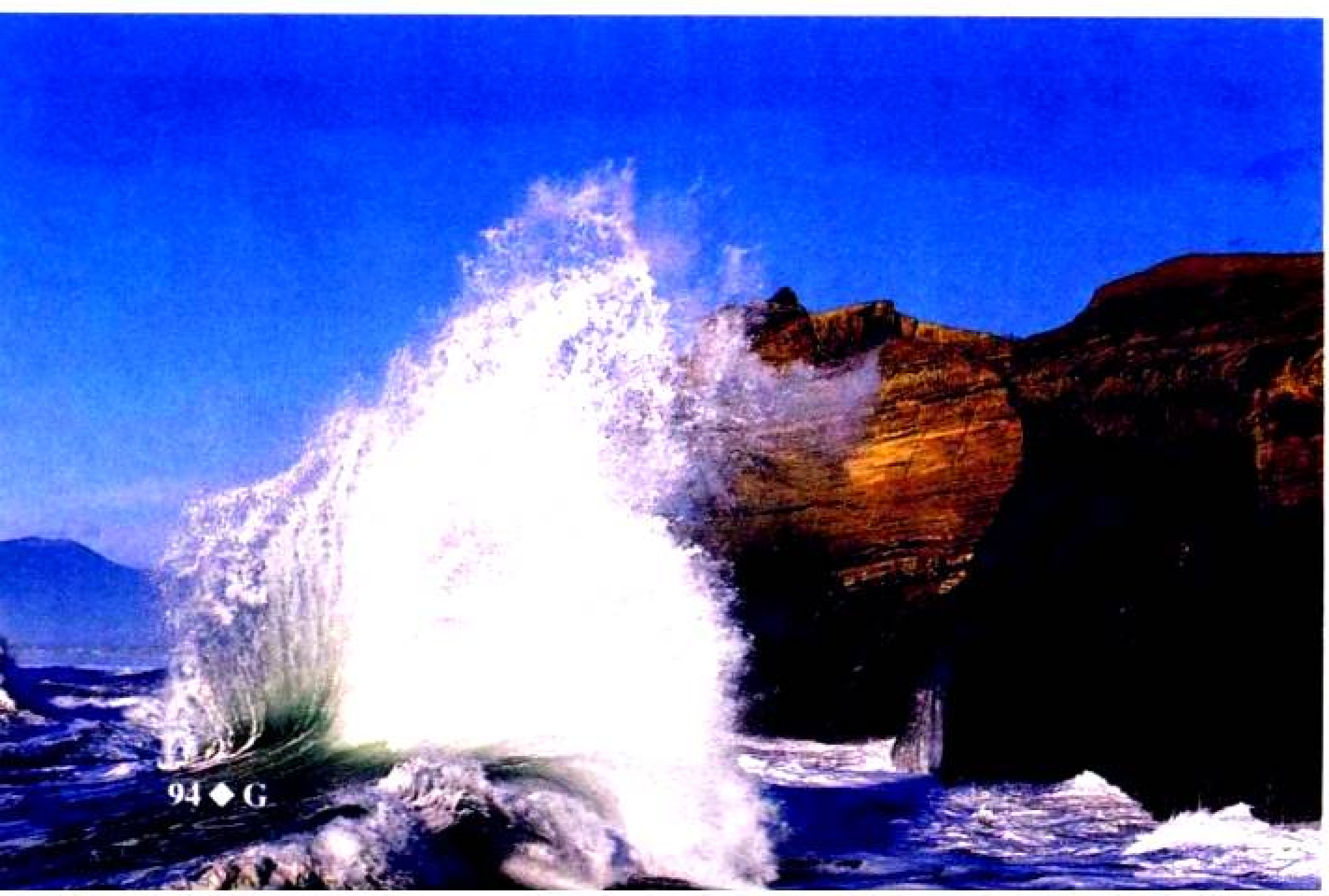
阅读提示 阅读时，画一张显示波浪侵蚀和沉积特征的概念图。

海浪含有能量——有时甚至是很巨大的能量。拍打在太平洋海岸上的波浪尤为有力。海洋风产生波浪，它们远距离地携带能量横穿太平洋。像钻机和电锯一样，波浪把岸边坚硬的岩石侵蚀为悬崖和洞穴。波浪也带来沉积物形成海滩。但是这些特征不能长期保留，后面的波浪会再次改变海岸线。

波浪的形成

波浪的能量来自于水面吹动的风。当风与海面接触时，风的一部分能量就传递给了海水。大海浪是海上大风暴的结果。但是微风也能在湖泊和池塘里产生波浪。

▼ 波浪击打俄勒冈州的海岸。



水从风中获得能量引起水分子的上下振动，从而推动波浪前进。但是水分子本身是不向前运动的，只有波的形式在运动。你见过草浪吗？每一片草前后移动但是不会离开原位，但是波能传过田野。

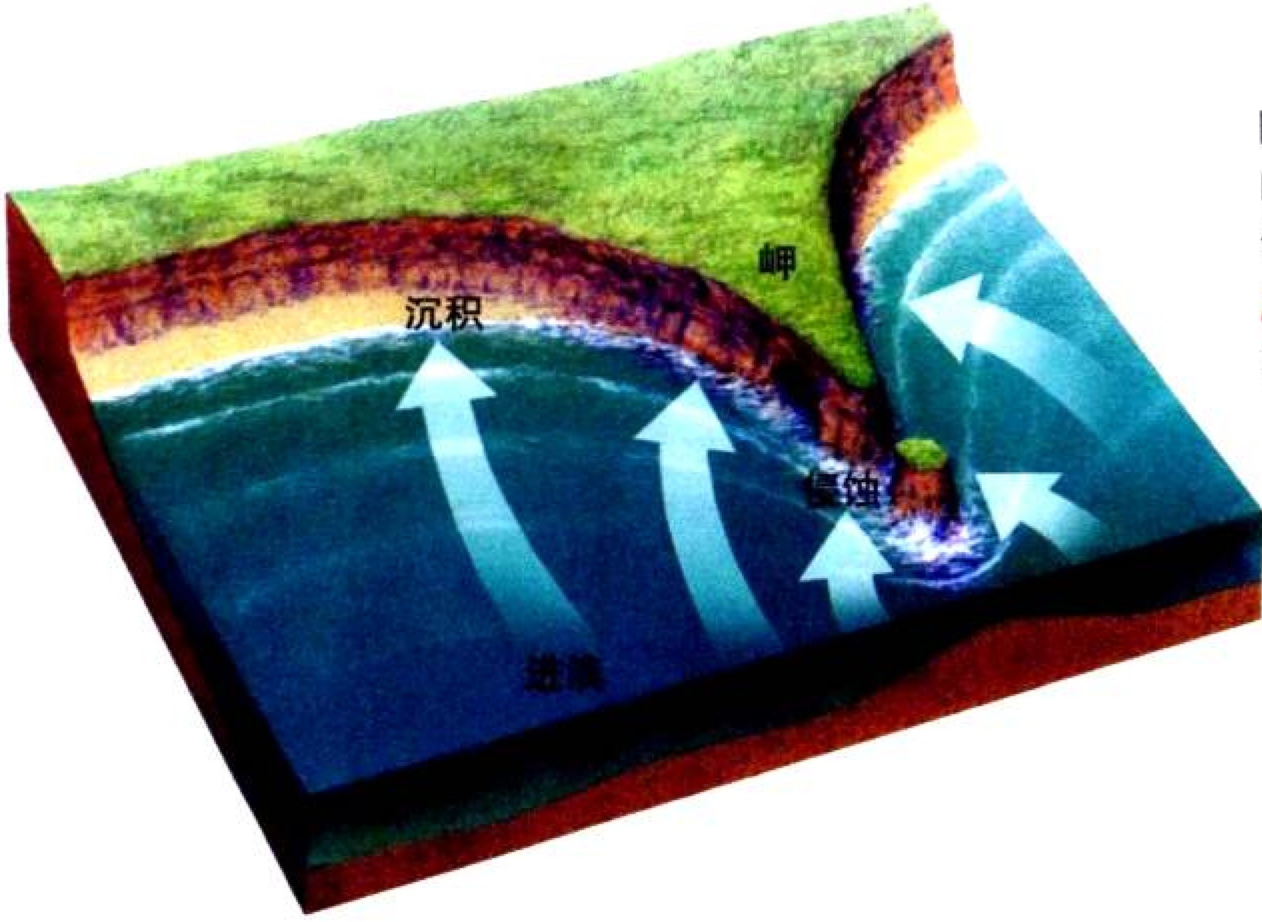


图3-23 波浪在到达海岸时发生转弯，在岬头富集能量。

因果推断 *最终岬会怎么样？*

波浪碰到陆地时会发生改变。在深水区，波浪只是影响表面水。但是当到达浅水区时，波浪会触及海底。波浪与海底的摩擦使得它的速度降下来。现在水才真正地随着波浪向前运动了。向前运动的水为塑造海岸地形提供了动力。

波浪侵蚀

波浪是侵蚀海岸的主要动力。波浪侵蚀陆地的一种方式是冲击。大波浪能用较大的力量撞击岸边的岩石，甚至能够击碎岩石。时间一久，波浪会加大岩石的裂缝。最终，波浪使岩石破碎。

波浪也可以通过磨蚀来侵蚀陆地。当波浪到达浅水区时，掀起沉积物，如沙和砾石。这些沉积物随着波浪向前运动。当波浪击打岩石时，沉积物就会磨蚀岩石，就像用砂布打磨木材一样。

波浪到达海岸的时候要改变方向。波浪的不同部分开始触及海底时，其方向发生改变。观察图3-23中波浪到达海岸时方向是如何变化的。波浪的能量在岬头富集起来。海岬是海岸向海洋突出的部分。海岬从海岸突出，因为它们是由坚硬的岩石组成的。但是时间久了，波浪也会把海岬侵蚀成平直的海岸线。

☑ **想一想** ***波浪引起侵蚀的两个过程是什么？***

增进技能

计 算 活动

沙质海岸以每年1.25米的速度被侵蚀。但是一次大型风暴能侵蚀掉3.75米海岸。如果50年中发生了12次大风暴，海岸会侵蚀掉多少？如果需要，可以使用电子计算器。



图3-24 波浪侵蚀着澳大利亚海岸的悬崖。海边矗立的是海蚀柱。

提出假设 *提出假设来解释这些海蚀柱是如何形成的。*

波浪侵蚀地貌

波浪击打在陡峭的岩石海岸，一次又一次地击打这个地方。想象斧头砍树干的情景。斧头每砍一次，口子就越大越深，最终树倒下。同样的，海浪沿着陡峭的海岸侵蚀陆地基座。岩石较软的地方，波浪侵蚀得就快。时间久了，波浪在岩石中侵蚀出一块称为海蚀穴的空地。

最后，波浪会很深地侵蚀悬崖基座，从而使上面的岩石破裂，结果形成海蚀崖。图 3-24 就是一例。

波浪侵蚀的另一个特征就是海蚀拱桥。当较硬的岩石下面的软性岩石被波浪侵蚀掉时就形成海蚀拱桥。海蚀拱桥崩塌，结果可能形成海蚀柱，即高出海面的岩石柱。

☑ **想一想** ***波浪如何在石质海岸产生悬崖？***

波浪沉积

波浪不仅对陆地有侵蚀作用，也能发生沉积作用。**波浪通过侵蚀和沉积作用塑造海岸。**当海浪减速时，海水携带的沉积物发生沉降。这个过程与河流三角洲发生的沉积过程相似，河流减速，沉积物沉降形成河口三角洲。

当波浪抵达海岸时，所携带的沉积物发生沉降，形成海滩。**海滩(beach)**是沿着海岸的波浪冲刷沉积物的区域。在沙滩上沉降的往往是沙。大部分的沙来自河流，这些河流携带侵蚀来的颗粒入海。但是并不是所有的海滩都是由河流带来的沙组成的。有些海滩是由珊瑚和贝壳堆成的。佛罗里达有很多这样的沙滩。

海滩上的沉积物在沉积下来后通常还会向下运动。波浪总是以某个角度冲向海岸而不是垂直海岸的。斜交的波浪产生平行于海岸线的水流。波浪重复涌向海岸时，海岸上一些沉积物随着水流被带下来，这个过程就是**沿岸流(longshore drift)**。

沿岸流的结果之一是形成沙嘴。**沙嘴(spit)**是一块伸进水中的指状沙滩。沙嘴是沿岸流沉积形成的。海岬或其他阻碍沿岸流或海岸发生转折的地方产生沙嘴。涌进来的带有沙子的海浪会堆积形成沙坝和平行于海岸的长形沙脊。



图3-25 马萨诸塞州科德角湾的卫星照片显示了沿岸流如何输沙和沉积，从而形成沙嘴。

观察 *图像上有多少沙嘴?*

与环境科学的综合 沿岸沙滩与沙坝相似，但是沿岸沙滩只有在风浪将沙子堆积到海平面以上才能形成。在美国大西洋海岸如北卡罗来纳州外堤的许多地方都能见到沿岸沙滩。人们在这些沿岸沙滩上建造家园。但是风暴不仅建造沙滩，同时也能冲垮沙滩。沙滩上的居民必须做好迎接飓风和其他风暴带来灾害的准备。

第五节复习

1. 海浪是如何形成的?
2. 分别描述海浪侵蚀和沉积作用的两种地貌。
3. 为什么海岬比海湾底部要侵蚀得快?
4. **理性思维** **预测** 登上海边有海蚀拱桥和海蚀柱的海岬。在接下来的500年里这个地区会发生什么变化?

课题 3

检查进度

在你的模型中加上波浪侵蚀的影响。沿着模型中的海岸线，波浪侵蚀将产生什么地貌？用什么样的材料来模拟这些地貌？完成第二个模型后，给模型上的地貌形态贴上标签。

SECTION 6

风

探 索 **活 动**



流动的空气是如何影响沉积物的

1. 在盘子里平铺上一层1～2厘米厚的玉米粉。
2. 用一根吸管轻轻地吹玉米粉的表面。观察会发生什么现象。

注意：不要对着其他学生。

思考

观察 你吹的风使这层玉米粉发生什么变化？

阅读指南

- 风是怎样引起侵蚀的？
- 风的沉积作用产生什么地貌特征？

阅读提示 阅读前，预习图3-27。预测风蚀的特征。

想象一个几乎完全由沙子组成的地貌。纳米布沙漠就是这样的一个地方。这个沙漠沿着非洲的纳米比亚海岸有1 900千米长。在纳米布沙漠的南半部分是一排排长长的大沙丘。**沙丘(sand dune)**是被风吹的沙子沉积而成的。纳米布沙漠的一些沙丘高达200米，长达15千米。沙丘中的沙基本来源于附近的奥兰治河。几千年来，风横扫沙漠上的沙子，形成巨大的移动沙丘。

风如何引起侵蚀

风本身是最弱的侵蚀力。水、波浪、流动的冰甚至块体运动对地面的作用都比风有力。然而在植物稀少，不能固定土壤的地区，风是很强的地貌塑造力。你可能猜到，风能很有效地引起沙漠中的侵蚀。这里植物很难生长，风能容易地带走干而轻的沙粒。

图3-26 风蚀不断塑造非洲西南海岸的纳米布沙漠中的大沙丘。





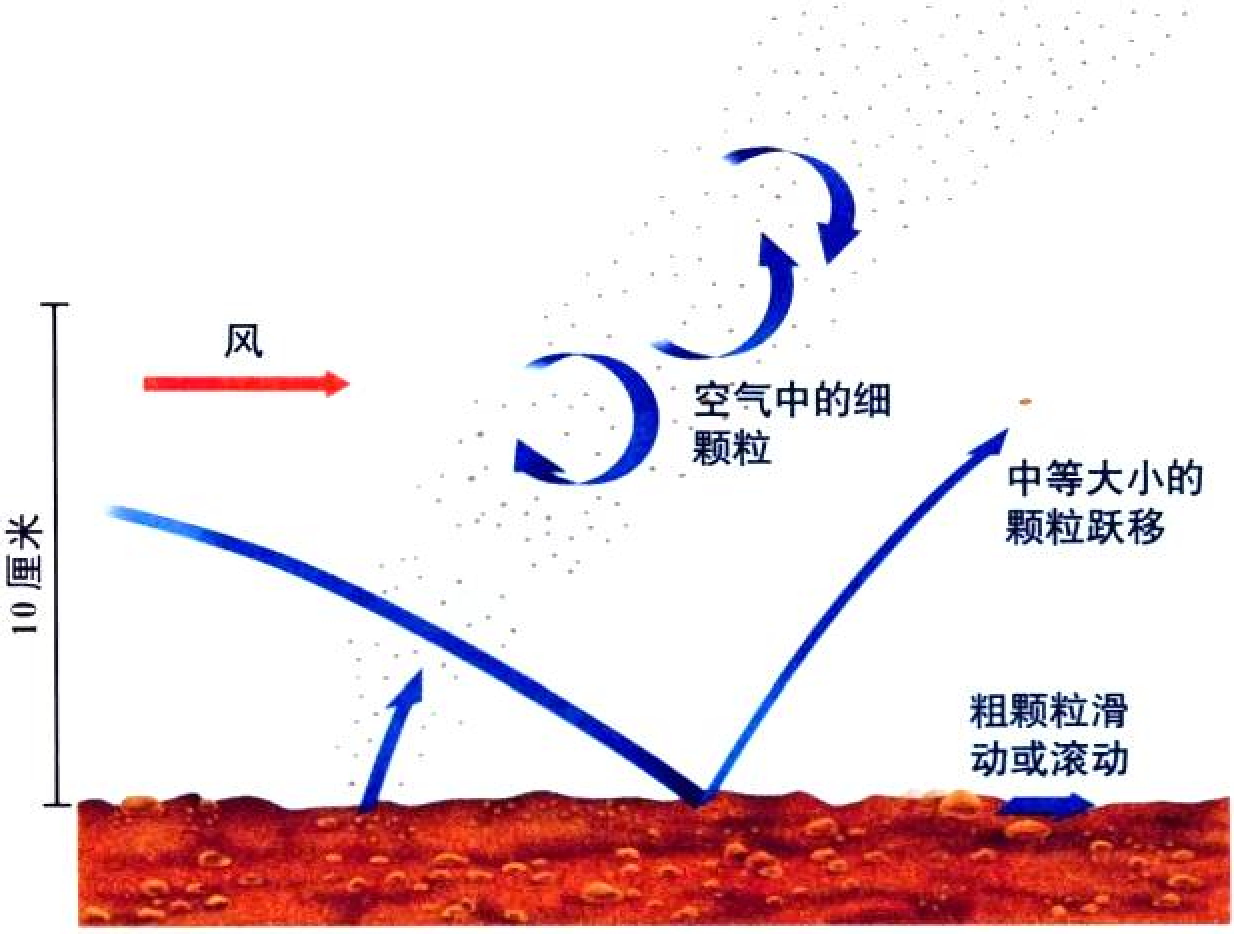


图3-27 风蚀是通过图中所示的三种方式搬运不同大小的沉积物。

对比 *把风中沉积物的运动与第86页图3-16中沉积物在水中的运动作对比。它们有哪些相似之处？哪些不同之处？*

风引起侵蚀的主要方式是吹蚀。地质学家把风搬运地表物质的过程称为**吹蚀(deflation)**。当风刮过地面时，带起沉积物中最细小的颗粒。这些沉积物由细小的黏土和泥沙组成。风越强，它所能携带和输送的颗粒就越粗。稍粗一点的颗粒(如沙)可以短距离跳跃，但不久就会落到地面。强风甚至能使较重的颗粒在地面滚动。图3-27显示吹蚀的过程。

吹蚀往往不能对地面产生很大的影响。然而，在20世纪30年代大平原的部分地区，吹蚀在短短的几年里却导致了1米厚的表层土的流失。在沙漠中，吹蚀有时会形成一条由碎石块铺成的沙漠公路。图3-28所示就是一条沙漠公路。风吹走了较小的沉积物，留下来的是那些搬不动的又大又沉的石质沉积物。吹蚀作用会在地面上有点洼地的地方生成一个叫做吹蚀坑的碗形坑。



图3-28 风蚀形成了亚利桑那沙漠中的这条大路。风中的沙子磨光了一块块石头。

风挟带沙的磨蚀作用可以磨光岩石，但是它很难引起侵蚀。地质学家曾经认为风中的沉积物把沙漠中的石头塑造成我们所见到的样子，但是现有证据表明沙漠中大部分地形都是风化和水蚀的结果。

想一想 ***在什么地方最有可能找到风蚀的证据？***



图 3-29 风携带的细粒在密西西比的纳齐兹部族附近堆积成黄土。

风蚀沉积

风携带的所有沉积物最终降落到地面。当风减速或者遇到如石头、草丛等障碍物时，就会发生沉积。**风蚀和沉积可能形成沙丘和黄土沉积。**当风碰到障碍物时，通常形成沙丘。沙丘常见于风蚀沉积物堆积的沙滩和沙漠中。

沙丘有多种形状和大小。有些是长形的、平行的沙脊，而有些则是U形的。它们可能很小也可能很大——中国的一些沙丘有500米高。沙丘不断地移动，慢慢地，一边的沙子被风吹到另一边。有时植物会在沙丘上生长。植物的根系会帮助把沙丘固定在一个地方。

沙丘常由风中较粗的沉积物组成。细颗粒(包括黏土和粉沙)有时会在离物源较远的地方沉积下来。这些细的风蚀沉积物就是**黄土 (loess)**。在中国中西部和美国内布拉斯加州、南达科他州、艾奥瓦州、密苏里州、伊利诺伊州能找到较大面积的黄土沉积。黄土能形成肥沃的土壤。厚厚的黄土沉积的地方都是优质的耕地。

第六节复习

1. 描述风是如何侵蚀地面的。
2. 沙丘和黄土沉积是如何形成的?
3. 什么是风蚀穴，它是如何形成的?
4. **理性思维　预测**　调查一片海滩，海滩上的沙丘长有草。但是人们在沙丘上踩出一条捷径，草被糟蹋了。如果人们继续走这条路，沙丘会发生什么变化?

身边的科学

制作一个沙漠公路的模型。在1厘米深的浅盘中放几个硬币。往盆子中倒面粉，把硬币埋在厚厚的面粉下。然后用吸管吹表层面粉。注意不要把吸管插进面粉里，也不要让吹起来的面粉进入自己或别人的眼睛。要家人预测，如果持续地吹一段时间后，盘子表面会变成什么样子。

学习指导

SECTION 1 地表的变化

知识要点

- 风化、侵蚀和沉积作用剥蚀和塑造着地球表面。
- 在块体运动过程中，重力使沉积物向下运动。四种主要的块体运动形式为：山崩、泥石流、滑坡和蠕动。

关键术语

侵蚀　沉积　沉积物　块体运动

SECTION 2 水的侵蚀

知识要点

- 流水是塑造地表形态的主要侵蚀力。
- 河流能形成V形谷、瀑布、曲流、牛轭湖和泛滥平原。
- 当河流流速下降时，它携带的一些沉积物沉降下来，形成冲积扇和三角洲等地貌。

关键术语

径流	流域	三角洲
冲沟	分水岭	地下水
切沟	泛滥平原	钟乳石
溪流	曲流	石笋
河流	牛轭湖	喀斯特地貌
支流	冲积扇	

SECTION 3 流水的力量

与物理学的综合

知识要点

- 重力使水向山下流动时，水的势能转换为动能，并做功。
- 大部分沉积物是被冲进或沉降进入河流的，否则就是侵蚀河床得到的。
- 河流的坡降和流量越大，所能侵蚀的沉积物就越多。

关键术语

能量	磨蚀	摩擦	势能
输沙量	紊流	动能	

SECTION 4 冰川

知识要点

- 冰川有两种形式：山岳冰川和大陆冰川。
- 冰川通过两种形式侵蚀地表：挖掘作用和磨蚀作用。
- 融化的冰川能沉降沉积物，形成侵蚀来的岩石和土壤。

关键术语

冰川	冰碛	锅穴
山岳冰川		
大陆冰川		
冰期		
挖掘作用		
冰碛物		



SECTION 5 波浪

知识要点

- 海浪的能量来自海风，海风吹过海面将能量传递给海水。
- 海浪拍打地面，通过冲击和磨蚀来进行侵蚀。波浪也能沿海岸搬运和沉降沉积物。

关键术语

海滩　沿岸流　沙嘴

SECTION 6 风

知识要点

- 风主要通过风蚀和吹刮表面物质进行侵蚀。
- 风沉积的主要地形是沙丘和黄土沉积。

关键术语

风蚀　沙丘　黄土

活动

相关网站

www.science-explorer.phschool.com

复习题

选择题

选择最佳答案。

1. 水或风所携带的侵蚀物质被称为______。
   a. 钟乳石　b. 沙漠公路
   c. 沉积物　d. 冰碛垄
2. 侵蚀物质的向下运动被称为______。
   a. 块体运动　b. 磨蚀作用
   c. 沉积作用　d. 风蚀作用
3. 冰川直接沉积的岩石和土壤叫做______。
   a. 输沙量　b. 冰碛物
   c. 黄土　d. 侵蚀
4. 当波浪撞击海岸线时，能量富集在______。
   a. 海滩　b. 冰斗
   c. 沙丘　d. 岬角
5. 风侵蚀沉积物的过程是______。
   a. 沉积作用　b. 挖掘作用
   c. 风蚀作用　d. 冰川作用

判断题

如果叙述正确，就写“T”；如果错误，写“F”，并修改划线部分。

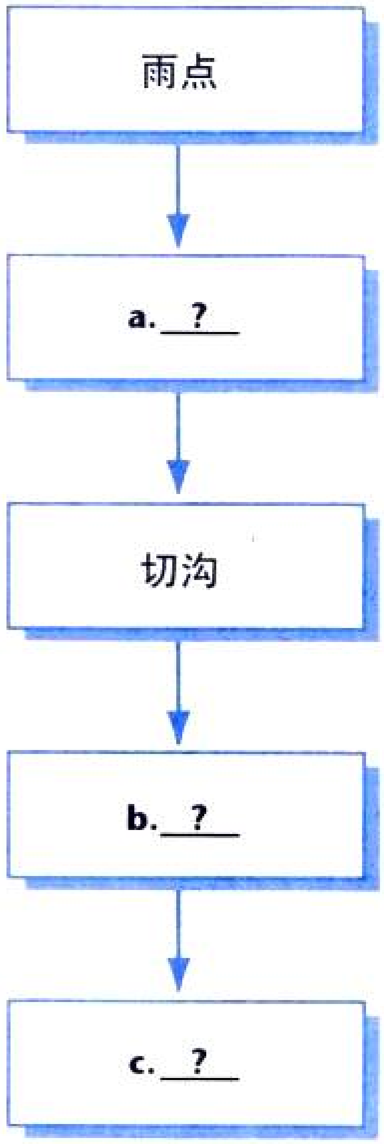
6. 水体中的沉积物在一个新地方沉积的过程是块体运动。
7. 地下水侵蚀石灰岩形成河谷、落水洞和岩洞的地方能找到冲积扇。
8. 因为流水是运动的，所以具有一种叫势能的能量。
9. 环形的弯曲河道是曲流。
10. 在冰川边缘沉积形成的山脊称为锅穴。

简述题

11. 哪种侵蚀力是部分由重力作用引起的？
12. 河流的坡度和流量如何影响河流的输沙量？
13. 描述河流弯曲的地方流速的变化情况。它如何影响河流沉积物的沉积？
14. 当河流进入一个更大的水体时为什么会形成三角洲？
15. 什么是冰期？
16. **科技写作**　假设你乘筏沿河从山地漂到大海。写一封信给朋友描述你顺流而下时看到的侵蚀和沉积地貌特征，包括源头附近、中游地区以及入海口。

形象思维

17. **完图填空**　下面的流程图显示了雨点降落到地面后的一个过程。把图抄在一张单独的纸上，填空并加一个标题。



应用技能

下表是某河6个月的流量和输沙量数据，借助表格回答 18 ~ 21 题。

月　份	流　量（立方米／秒）	输沙量（吨／天）
1　月	1.5	200
2　月	1.7	320
3　月	2.6	725
4　月	4.0	1 600
5　月	3.2	1 100
6　月	2.8	900

18. 作图　作两张图。在第1张图中，x 轴为月份，y 轴为流量。在第2张图中，y 轴为输沙量。比较两张图，什么时候流量和输沙量最大？什么时候最小？

19. 提出假设　根据你所作的图，推测流量和输沙量之间有什么关系。

20. 因果推断　4 月份流域内发生了什么事情，使得流量和输沙量发生变化？解释说明。

21. 预测　河流所在地 6 月份降水量低。预测 7 月份的输沙量将如何？解释说明。

理性思维

22. 应用概念　什么条件下磨蚀作用是河床侵蚀的主要因素？

23. 因果推断　在沙漠里，可以看到一条似乎是用岩石碎片铺成的公路。解释这种状况的自然发生过程。

24. 解决问题　假设你是研究山岳冰川的地质学家，用什么办法可以得知冰川是在增长还是在消退？

25. 得出结论　售楼员以很低的价格向你家推销一所在河岸边的新房。为什么家人会犹豫？

学 习 评 估

课题 3 总 结

实验汇报　准备在班上解释你的侵蚀模型。在模型上标出侵蚀过程中改变的地貌特征。

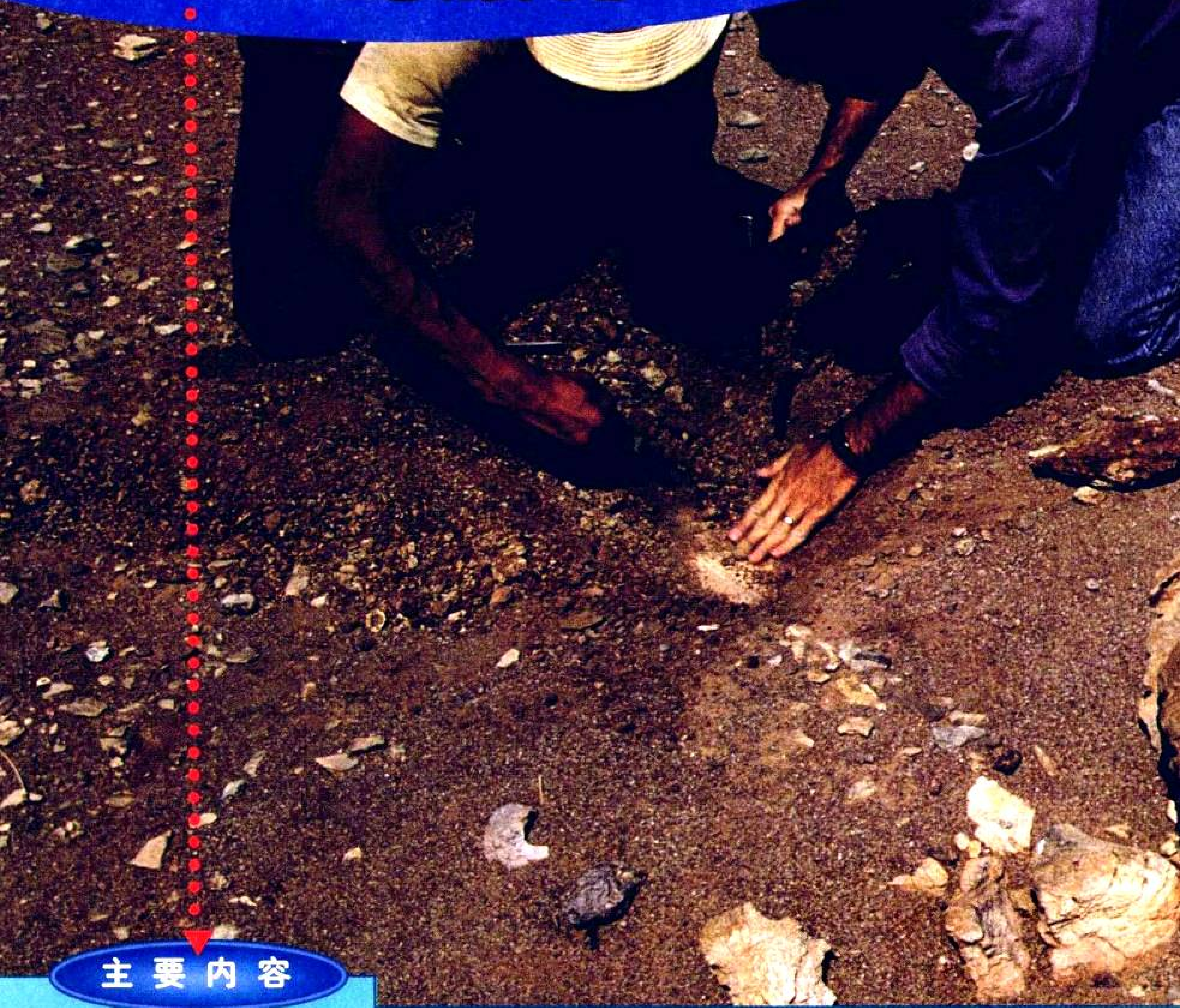
思考与记录　在笔记本上，记下这个课题中最容易和最困难的部分。如果再做一次，将对每个模型做哪些改动？如何与同学分享观察结果来帮助你理解侵蚀过程？

实践活动

在社区　在社区里找一个建筑工人施工的地方。围着施工区的边缘找找侵蚀的标志。你能找到新生成的冲沟吗？注意建筑工人防止建筑被侵蚀的各个措施，然后记下你所见到的侵蚀。制定一个防止侵蚀的计划。

注意： 不要进入施工区。

第四章 穿越地质时代的旅行



主要内容

SECTION 1 化石

探索 岩石里有什么

试一试 甜蜜的化石

SECTION 2 确定岩石的相对年龄

探索 沉积物以什么顺序沉积

试一试 三明治取样

生活实验室 寻找岩层线索

SECTION 3 与化学的综合 放射性测年

探索 已经过去了多少年

增进技能 计算

课题 4

倒转时光的旅行

科学家们小心翼翼地移走覆盖在一块猛犸象骨头上的土。在这里，他们还找到了30多种其他动物的化石。这些动物在末次冰期时生活在大平原上。通过这些化石，科学家可以复原一幅远古时代的生活场景。

本章将带你做一次倒转时光的穿越地质时代的旅行。你将知道化石如何揭示地球上的生命历史。和同学们一起做一条标有许多地质时代的时间轴来指导这次旅行。



在南达科他州，科学家们出土了26 000年前的猛犸象骨头。猛犸与现代的大象有亲缘关系。

课题目标 成为其中一个地质时代的专家并协助其他同学建立一个地质时代时间轴。

为了完成这个课题，你必须

- 选择一个地质时代并进行研究。
- 写一篇旅行指南，记录这个时期的生命形式。
- 在时间轴上注明你的地质年代。

课题准备 首先预习第132 ~ 135页上的探索地质历史。选一个你愿意进行调查研究的时代，和老师一起确认班上的同学选了所有的地质时代。

检查进度 在学习本章内容的同时完成这个课题。为了按时完成课题，你可以在学到以下几个地方时检查你的进度。

第二节复习 第117页：收集你所选年代的动物、植物和环境资料。

第四节复习 第125页：写一篇所选时代的动物、植物和环境的旅行指南。

第五节复习 第140页：用图来描绘所选时代并完成你的旅行指南。

总结 在本章末(第143页)，把所做的图放在时间轴上。用旅行指南向你的同学展示你的地质时代。

SECTION 4 地质年代表

探索 这就是你的一生

技能实验室 岁月流逝

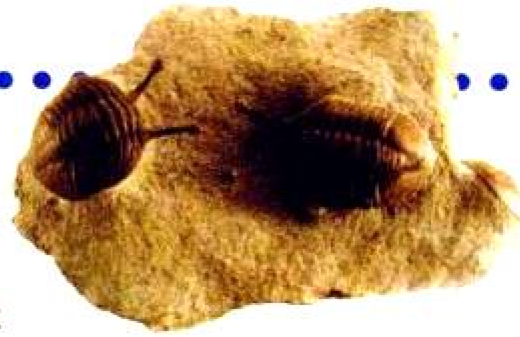
SECTION 5 地球的历史

探索 化石揭示了什么样的地球历史

试一试 生命和时间

SECTION 1 化 石

探 索 **活 动**



岩石里有什么

1. 用手持放大镜仔细地观察老师提供的岩石样品。
2. 勾画出在岩石中看到的所有有形状的物体。在图的下方，简短地描述你所见到的。

思考

推理 你认为岩石中含有什么东西？这些形状的物体又是怎样进入岩石中的？

阅读指南

- 化石是怎样形成的？
- 有哪些不同种类的岩石？
- 化石如何说明生物随着时间的变化而变化？

阅读提示 阅读时，用小标题拟一个大纲，回答什么是化石、化石如何形成、为何如此重要等问题。

设想你是在加拿大西部高山上工作的地质学家。你小心翼翼地掰开一片软软的岩石。岩石里印着一个你从未见过的拇指大小的小动物形状。

这块岩石来自于伯吉斯页岩的一个岩层。伯吉斯页岩因含有5亿年前地球上生命的证据而闻名于世。伯吉斯页岩中的生物是细小的无脊椎软体动物，有些看起来像现在的蟹或蠕虫。这些动物生活在浅海底部。科学家们假想是一次突发的泥土滑坡埋葬了这些动物。几百万年之后，泥土变成了页岩，动物的残骸则变成了坚硬的岩石。



古生命证据

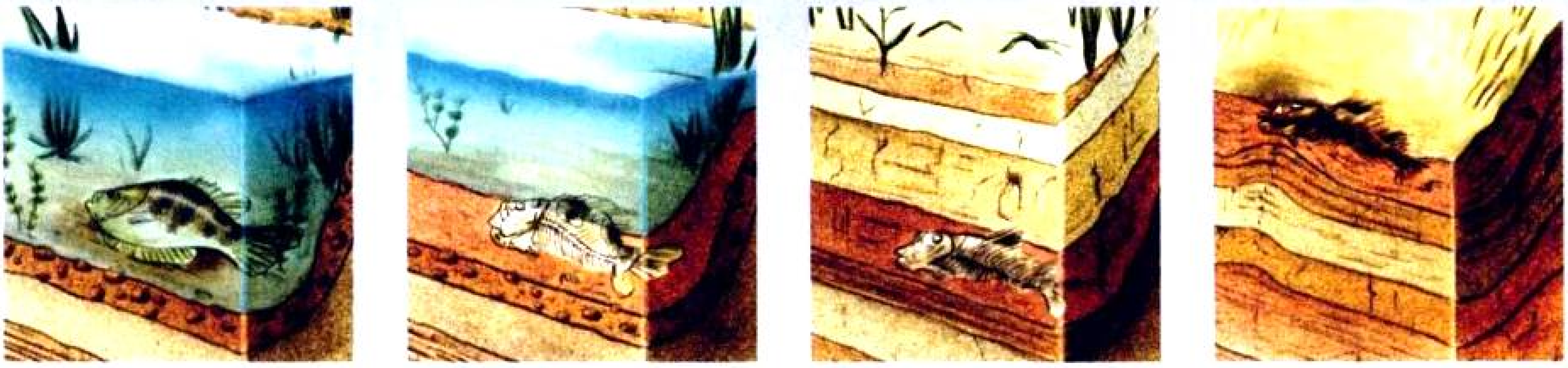
化石(fossil)是保存下来的古代生物的遗体或遗迹。化石为证明生命如何随着时间变化提供了证据，也可以帮助科学家推论地表的变化，还为研究古环境提供了线索。

许多化石形成于生物死去并被沉积物埋葬后。沉积物慢慢变硬成岩石，保存了这些生物的形态。研究化石的科学家被称为**古生物学家(paleontologist)**。化石常出现在沉积岩中。

图4-1 古生物学家在伯吉斯页岩中凿出含有化石的岩石。

图 4-2 当沉积物迅速覆盖动物尸体时可能形成化石。

预测 *如果D阶段后继续侵蚀风化，化石会怎样？*



A. 动物死亡并沉入浅水中。

B. 沉积物覆盖动物尸体。

C. 沉积物变成岩石，保护动物遗体。

D. 造山运动、风化和侵蚀最终使化石暴露于地表。

沉积岩 (sedimentary rock) 是一种由硬化了的沉积物构成的岩石类型。很多化石由生活在平静的水体如沼泽、湖泊和浅海及其附近的动植物形成，而这些地方也是沉积物堆积的地方。图 4-2 中显示了化石是如何形成的。

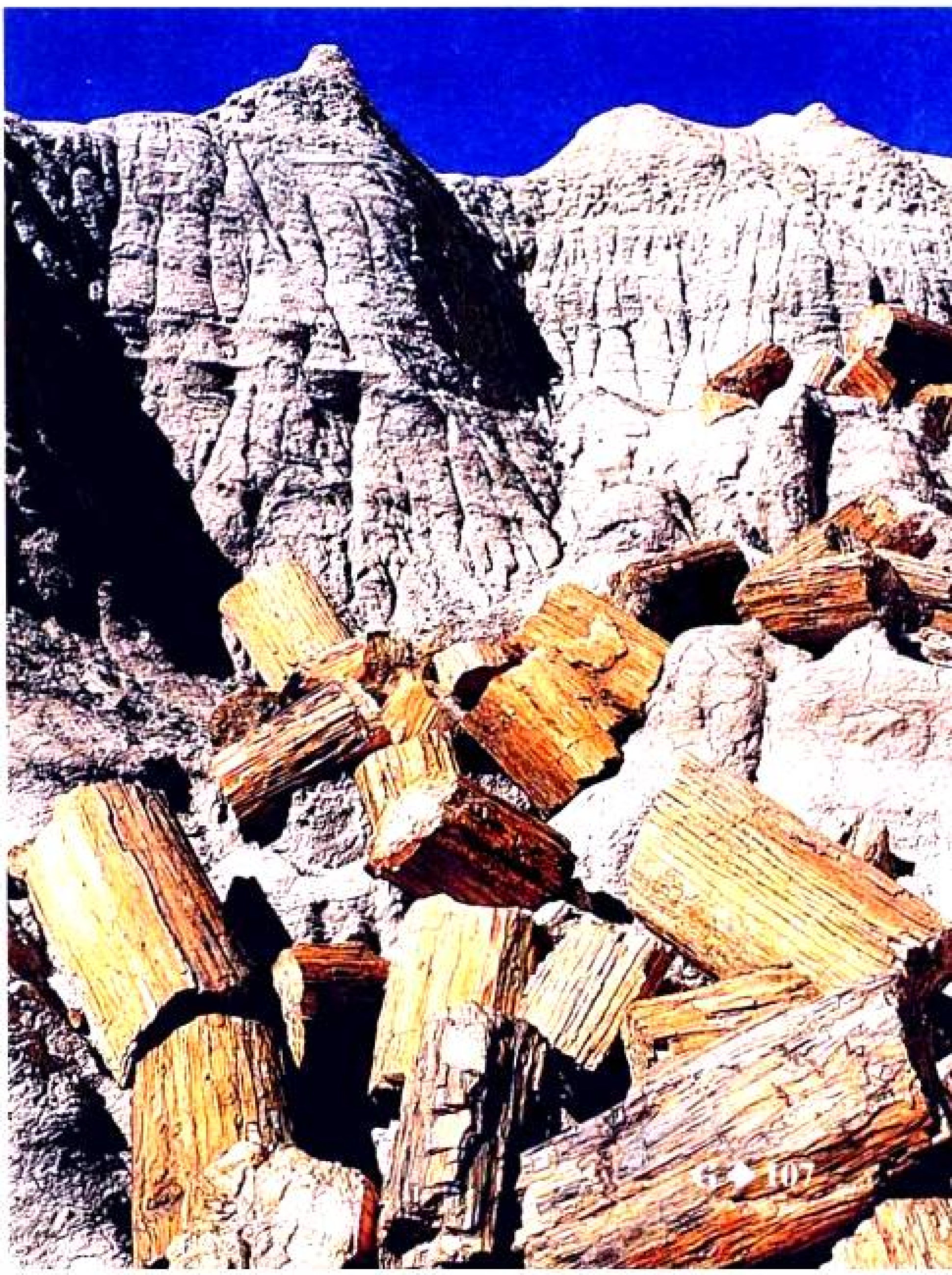
生物体死亡后，柔软的部分很快腐烂或被其他的生物吃掉。因此，一般只有坚硬的部分才能保留下来形成化石。这些坚硬的部分包括骨头、壳、牙齿、种子和木质茎。很少有哪种生物的软体部分能形成化石。

化石类型

要形成化石，必须防止生物的残骸和痕迹腐烂。有几种过程可能会形成化石。**岩石中的化石包括石化石、阴模、阳模、碳膜和痕迹化石。生物残骸被其他物质如沥青、琥珀或者冰保存下来也能形成其他化石。**

石化石 生物残骸石化后能形成化石。这里的“石化”是指“变成石头”。**石化石(petrified fossil)** 是矿物质代替部分或整个生物体而形成的化石。图 4-3 中的化石树干就是硅化木的典型例子。这些化石在沉积物覆盖树木后形成。然后富含矿物质的水浸入植物细胞间的空隙。一段时间后，水分蒸发，剩下变硬了的矿物。一些原木保留下来，但矿物质已经使它变硬并保护它。

图 4-3 虽然它们看起来好像刚被砍断似的，但实际上这些硅化木树干在 2 亿年前就已经形成了。在亚利桑那州的硅化木国家公园里可以看到这些化石。



试一试

甜蜜的化石

活动

1. 在一块方糖外裹上一层黏土，要有一半的面积被黏土覆盖。
2. 在另一块方糖外完全裹上一层黏土，把糖完全封起来。
3. 把这两颗糖和一颗没有裹黏土的糖都丢进水里。
4. 搅拌，直到没裹黏土的那颗糖完全融化。
5. 拿出其余两颗糖，看看还剩些什么。

观察 描述两块方糖的样子。黏土能保护这些方糖吗？这次实验是如何模拟化石的形成的？

石化石也可以通过替代形成。在替代过程中，水中的矿物质复制了生物体。比方说，溶有矿物的水能慢慢溶解埋在沉积物中的蛤壳。同时，水中的矿物变硬形成岩石，结果就形成了蛤壳的岩石复制品。

阴模和阳模 最常见的化石就是阴模和阳模。这两者都复制了古生物的形状。**阴模(mold)** 就是沉积物中形如生物或部分生物体的中空部分。当生物体坚硬的部分如壳体被埋藏在沉积物时会形成阴模。

后来，携带有矿物质和沉积物的水会渗进阴模中的空隙部分。如果矿物质和沉积物在那里沉淀的话，就会形成阳模。**阳模(cast)** 是生物体形状的复制品。图4-4中阴模(上)被矿物填满形成阳模(下)。正如你所见到的，阳模是阴模的反面。同时也会看到阴模和阳模是如何保护动物结构中的细节的。



图4-4 化石阴模(上)清楚地显示了三叶虫的形状。化石阳模(下)也如此。三叶虫生活在4.5亿年前的海洋中。

碳膜 另一种化石类型就是**碳膜(carbon film)**，它是岩石表面一层极薄的外衣。碳膜是如何形成的呢？记住所有生物都含有碳。当沉积物埋葬生物时，生物体的一些组成物质便蒸发或变成气体。这些气体离开沉积物后，只留下碳。最终，便会剩下一层薄薄的碳膜。这个过程可以保护植物叶子和虫子较脆弱的部分。

与化学的综合



图4-5 500万年到2 300万年前的虫子的碳膜化石。

遗迹化石 许多类型的化石保存的是古代动植物的形状。相反，**遗迹化石(trace fossil)**则提供了古生物活动的证据。化石足迹就是遗迹化石的一个例子。图4-6是恐龙留下的化石脚印。动物踩过的泥或沙最终被一层层的沉积物埋起来，慢慢地这些沉积物变成了坚硬的岩石，保存了几百万年前的足迹。

化石足迹是证明动物大小和行为的线索。这个动物走得有多快？是双足还是四足行走？是独居还是和同类一起生活？科学家可以通过观察化石脚印推论出这些问题的答案。

遗迹化石还包括动物遗迹和动物生存的洞穴。遗迹和洞穴为生物体的大小与形状、生存环境、觅食方式等的研究提供了线索。

☑ ***想一想*** ***遗迹化石能揭示早期动物的什么情况？***

残骸保存 一些过程可以把生物残体完整无缺地保存下来。例如，当生物被柏油裹起来，一些生物遗体就被保存下来。柏油是一种很黏的、从地球表面渗出来的油。在加利福尼亚州洛杉矶的兰乔拉布雷阿柏油坑能找到许多保存在柏油中的化石。几千年前，动物跑到这些坑边喝水，结果，被柏油给粘住之后死了。这些柏油渗进它们的骨头里，防止了骨头的腐烂。

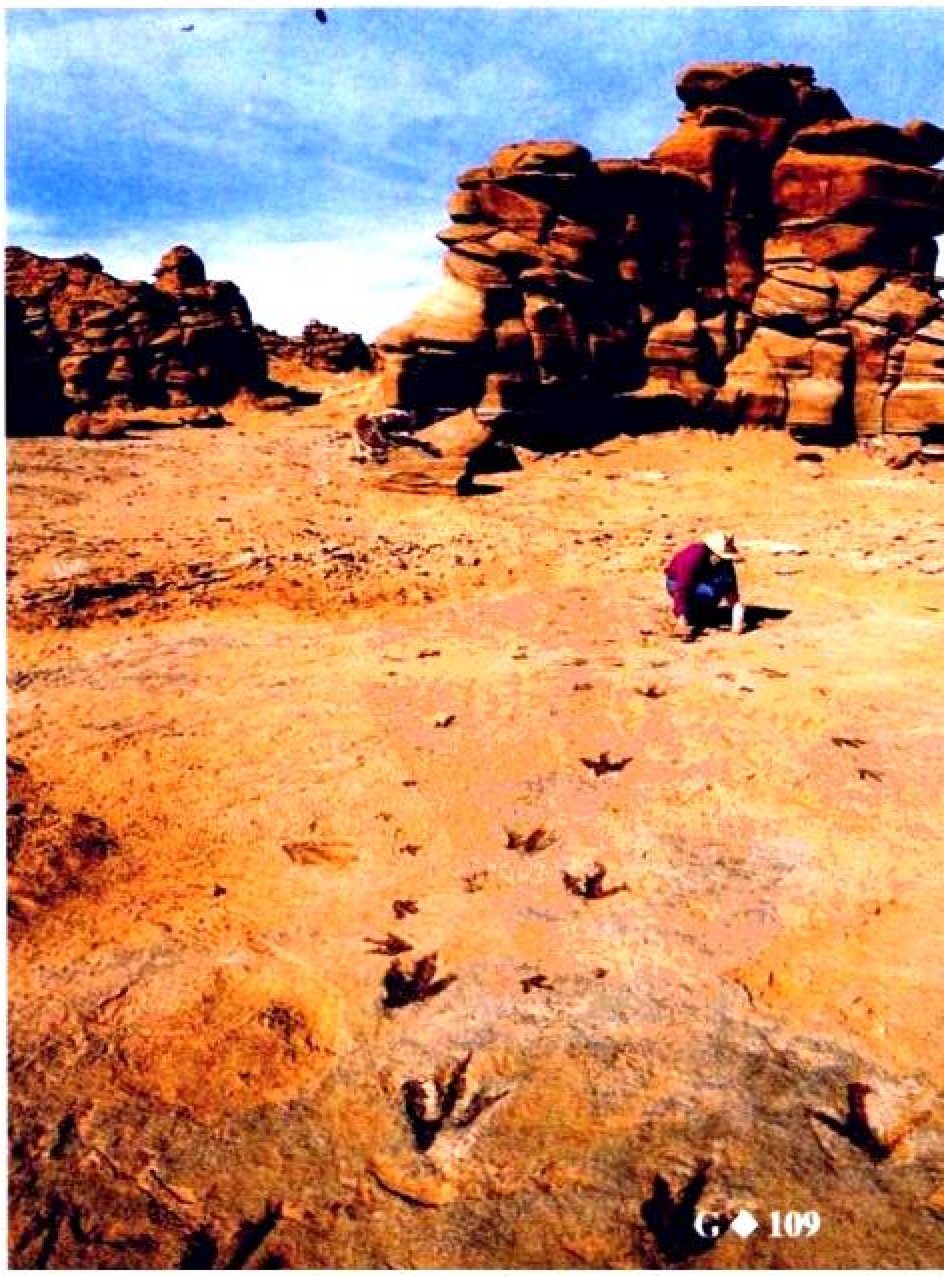


图4-6 亚利桑那州佩恩蒂德沙漠里的恐龙脚印。

推理 *从恐龙的脚印能推出恐龙的什么信息？*



图 4-7 琥珀中的化石是观看地球上古生命历史的窗口。身体的每个部分包括虫子脚上像头发一样细的毛、触角和纤细的翅膀都被完整地保存下来了。

古生物也能保存在琥珀中。琥珀是常绿树木变硬后的树脂、树液。刚开始，虫子被困在黏黏的树脂中。虫子死后，更多的树脂覆盖它，使之与空气相隔绝，防止它腐烂。

冰冻是另一种保存残留物的办法。在西伯利亚和阿拉斯加寒冷地区发现了被冻起来的大象的亲属——绵猛犸象。冰冻甚至把猛犸象的毛发和皮肤都保存了下来。

☑ **想一想** ***有哪三种办法可以保存生物残体?***

随着时间的改变

古生物学家收集了世界各地的沉积岩化石。他们利用这个信息来判断过去的生命形态是什么样子的。他们想知道这些生物吃什么，谁又吃它们以及它们的生存环境怎样。

古生物学家还对生物进行了分类。他们把相似的生物放在一起，按生物从早到晚的生存顺序排列。总之，古生物学家所收集到的有关古生命的信息就叫化石纪录。**化石纪录提供了地球生命历史的证据。化石纪录还显示了不同种类的生物随着时间的变化。**

化石纪录揭示了一个惊人的事实：化石按特定顺序出现。较老的岩石中包含较简单生物的化石。较年轻的岩石中包含较复杂生物的化石。换句话说，化石纪录揭示了地球上生物的进化或者改变。简单地说，单细胞生物产生了复杂的植物和动物。

化石纪录为进化论提供了依据。**科学理论(scientific theory)** 是能解释各种观察和发现的、经得起考验的观点。**进化(evolution)** 是长时间里生物的逐渐变化。在探索大象的进化中你能理解一个门类的生物进化。

化石纪录显示上百万的生物种类发生了进化。但是许多已经灭绝。一种生物的**灭绝(extinct)** 是指这种生物不再存在或将永远不会再在地球上生存。

探索 大象的进化

下图是大象家庭的一些成员，现代大象、猛犸象、乳齿象都是由3 400万年前的同一个祖先进化而来。

亚洲象
当今
亚洲象生活在印度和东南亚，经过训练后可以用鼻子搬东西，用背驮运重物。





非洲象
当今
肩宽4米的非洲象比亚洲象要大。非洲象凶猛，难以驯服。



绵猛犸象
200万年前
绵猛犸象生活在末次冰期，也许是1万年前人类的捕猎导致了它们的灭绝。



乳齿象
2 500～3 000万年前
乳齿象有长长的、柔软的鼻子和长长的象牙。晚期的乳齿象与猛犸象很相像，但是要小一些、矮壮一些。乳齿象在1万年前绝种了。



嵌齿象
2 300万年前
嵌齿象站起来的时候肩宽2米。它的鼻子较小，上颚有两个尖牙，下额也有两个尖牙。



古乳齿象
3 400万年前
古乳齿象的象鼻、上下颚的牙都较短。古乳齿象是后来的类象动物的祖先。

始祖象
3 600万年前
跟猪一样大小，是现代大象的亲属——始祖象有长长的前牙(早期的象牙)和长长的上唇。

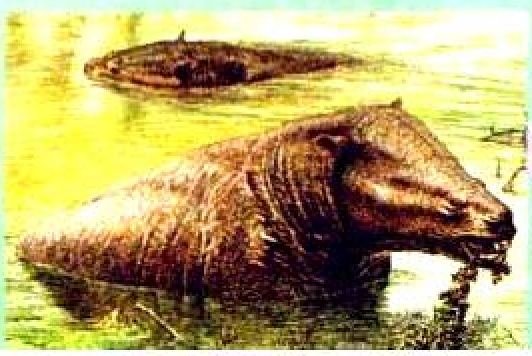




图4-8 生活在4.35亿年前的腕足类和海百合化石。类似的生物现在还生活在海洋里。从这些化石中科学家们得知他们找到的环境曾经是浅海。

化石和古环境

古生物学家利用化石来复原过去的地球环境。一个地区的化石可以说明这地区原来是浅湾、洋底还是淡水湖泊。

化石也为古气候提供了证据。例如南极找到了煤。只有温暖的沼泽地区的植物残体才能形成煤化石。你也许知道，南极现在覆盖着厚厚的冰雪。现在找到煤证明当时的南极比现在要温暖得多。

科学家可以利用化石知道地表气温的变化。例如，珊瑚是在温暖的浅海中旺盛生长的生物。然而珊瑚虫化石却在美国中西部许多地区都可以找到。根据这一点，科学家推论这些地区曾经是浅海一片。

第一节复习

1. 描述岩石中大部分化石的形成过程。
2. 在岩石中可以发现哪五种化石？
3. 化石纪录是如何解释进化论的？
4. 描述一种将生物残体保存下来的办法。
5. **理性思维　推理**　陆地上的岩床中能找到海洋贝壳化石，怎样推出该地区环境的变化？

身边的科学

化石是被保留下来的旧事物。为什么这些旧事物能够得以保留，而其他却会被破坏呢？在父母的允许下，找出你家中所能找得到的最古老的东西。与家庭成员讨论并得出结论：这个物体有多老，为什么得以保存，是如何从新变旧的。临摹这个物体并带到班上去。向班级讲述这个“化石”的故事。

SECTION 2

确定岩石的相对年龄

探索 活动

沉积物以什么顺序沉积

1. 把不同颜色的黏土层叠放在一起。每层黏土的大小厚度与小蛋糕相当。如果这些黏土层表示沉积物，哪一层沉积物最先沉积？

   提示：最老的一层。

2. 把这些黏土放到一个小的圆形物体(如小碗)上，把它按成圆顶状。用切奶酪的小刀或塑料小刀小心地切掉圆顶的上部。观察你切出来的层次，哪一层是最老的？



思考

推理 如果把黏土层按进一个小碗，刮掉粘在碗边缘的黏土，哪一层最老？

阅读指南

- 地质学家是如何确定岩石的相对年龄的？
- 地质学家是如何利用标准化石的？

阅读提示 阅读之前，抄写本节中带有怎样、为什么或什么等字眼的问题。边读边找答案。

有没有见过出露在马路边的岩层？一般地，这些岩层在颜色和结构上有所差异。你知道这是什么岩层，它是怎样形成的吗？

形成沉积岩的沉积物一层一层地叠加。许多年后，这些沉积物被深深地埋葬，然后变硬，形成沉积岩。同时沉积物中的生物残体变成化石。时间久了，不同的沉积物变成不同的岩层。这些岩层就纪录了地球的地质历史。

相对年龄和绝对年龄

当你观察含有化石的岩石时，你可能首先会问："这是什么年代的？"岩石的**相对年龄 (relative age)** 是指它与其他岩石比较之后的年龄。在与别人比较年龄大小的时候你可能会用到相对年龄的思想。比方说，你比你的弟弟大，比你的姐姐小，就是在说你的相对年龄。

岩石的相对年龄并不表示它的绝对年龄。**绝对年龄 (absolute age)** 是指岩石形成至今经过的年份。也许要知道岩石的绝对年龄是不可能的事，但是地质学家可以判断出岩石在一定范围内的绝对年龄。

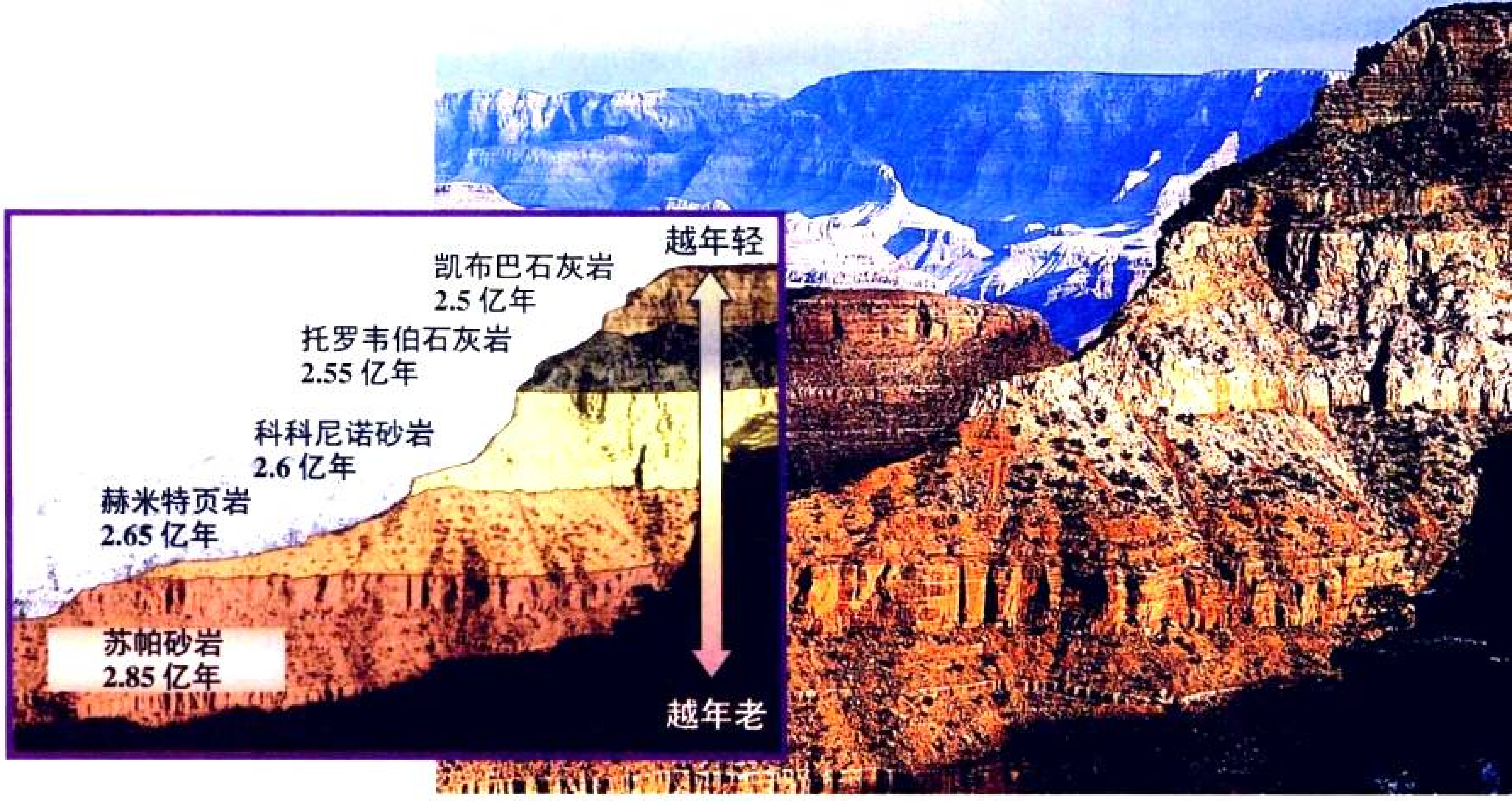


图 4-9 美国大峡谷的两壁由许多岩层组成。在照片上你能清晰地看到五个层。

应用概念 *图中标明的岩层中哪层最老？解释说明。*

试一试

三明治取样 活动

老师将给你一个代表地壳岩层的三明治。

1. 用生的圆的空心面作为打钻工具。把面条插进三明治中。
2. 从三明治中抽出面条。轻轻地弄断面条，从而获得柱状样。
3. 作一张彩图并标明你在这个孔中所看到的每个层。

观察 如果这是一个真正的岩石样品，哪一层最老？哪一层最年轻？你认为科学家为什么要研究钻孔样品？

岩层定位

由于断定一块岩石的绝对年龄是很难的，所以地质学家只能想办法来确定岩石的相对年龄。地质学家根据**叠置原理 (law of superposition)** 来确定沉积岩层的相对年龄。**根据叠置原理，岩层形成时是水平的或近于水平的，较老的岩层位于较下部位，上面的一个岩层比下面的岩层都要年轻一些。**如果你做了本节开头时的探索活动，那你就已经用到了叠置原理。

亚利桑那州大峡谷的两壁就是叠置原理最好的图解。大峡谷壁上的沉积岩层代表了2亿年的地球历史。图4-9中可以看到大峡谷中一些岩层。科学家们已经给大峡谷上的所有裸露的岩层进行命名。用叠置原理，你可以推出这些岩层的相对年龄。

从大峡谷的顶部开始，最上面的是凯布巴石灰岩。因为它在最上面，所以它是最年轻的。向下，你将经过托罗韦伯石灰岩，接着是科科尼诺砂岩。越往下，岩石就越老。你在大峡谷中的旅行就像在地球的历史中穿行。你走得越深，岩石就越老。

☑ ***想一想*** ***地质学家是如何得知岩石的相对年龄的？***

相对年龄的其他线索

还有其他线索可以显示岩石的相对年龄。地质学家通过对火成岩在断层中的喷出和侵入的研究找到了一些线索。

火成岩线索 岩浆和熔岩变硬后形成火成岩。岩浆是地表以下的熔融物质。在地表流动的岩浆称为熔岩。

在地表变硬的熔岩称为**喷出岩(extrusion)**。喷出岩下面的岩层总是比较老。

地表以下，岩浆能侵入岩石内部。在那里，岩浆变冷变硬形成一块火成岩，称为**侵入岩(intrusion)**。侵入岩总是比它周围的和下面的岩石层要年轻。图4-10A就是侵入岩。地质学家研究侵入岩和喷出岩形成地点与其他岩层的关系，这样能帮助地质学家们得到不同岩石间的相对年龄。

断层线索 研究断层可以得到更多的线索。**断层(fault)**是指地壳的裂缝。地球内部的力使得岩石朝断层的相反方向运动。

断层总是比它切割的岩石年轻。为了确定断层的相对年龄，地质学家寻找断层切割的最年轻的岩石的相对年龄。

断层运动使得地质学家更加难以确定岩层的相对年龄。图4-10B中，你可以看到由于断层的运动，岩石排列不再有序。

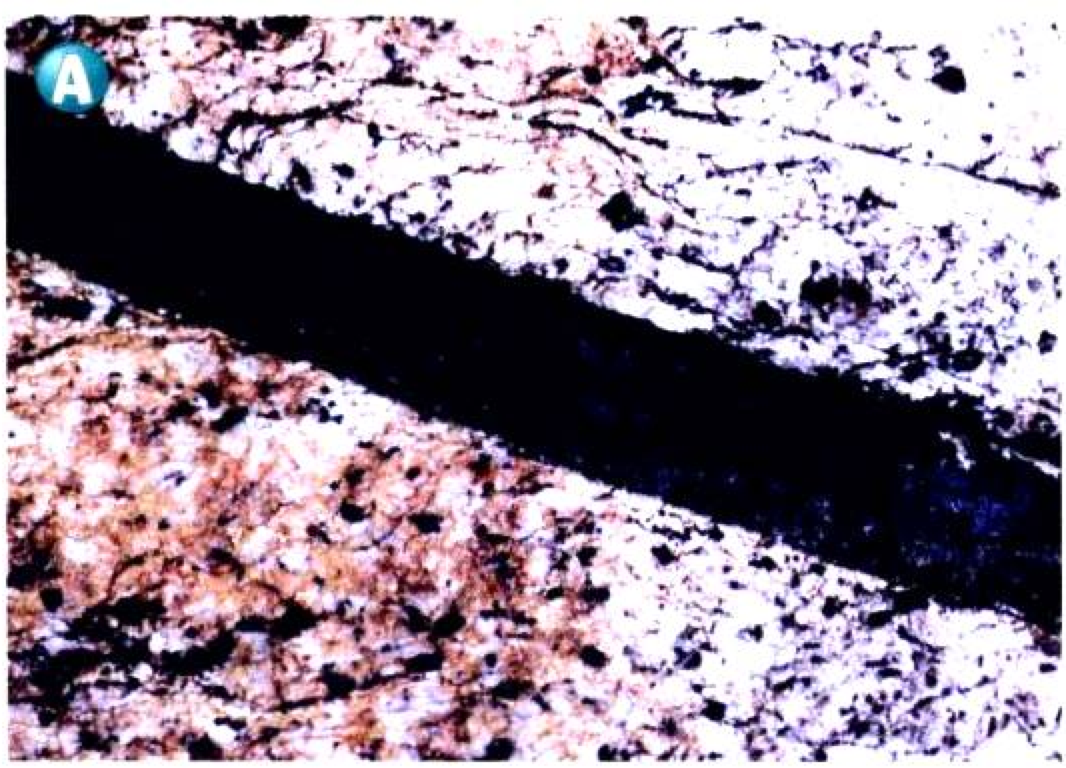
音乐 链接

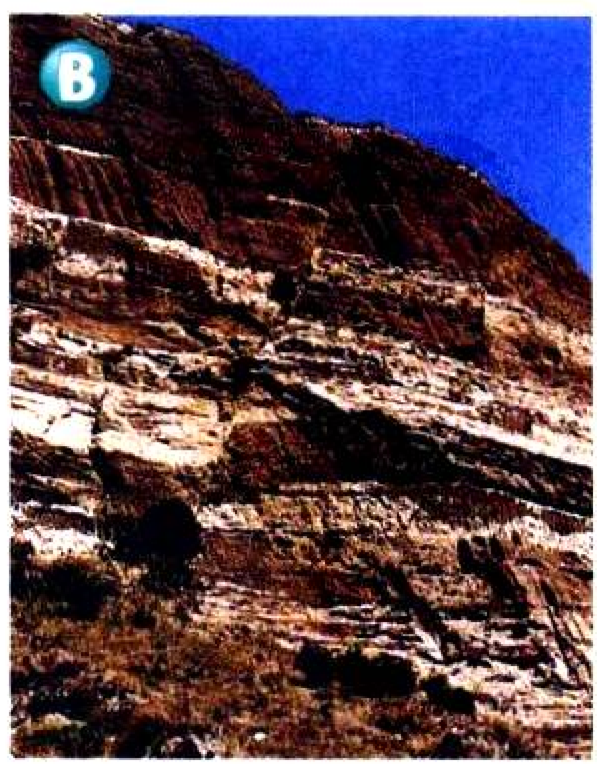
大峡谷是地质纪录最好的地貌景观。美国作曲家费尔德·格罗费1931年为管弦乐队谱写了《大峡谷》交响曲。音乐描述了一幅沙漠景象和一次大峡谷中骡背上的旅行。

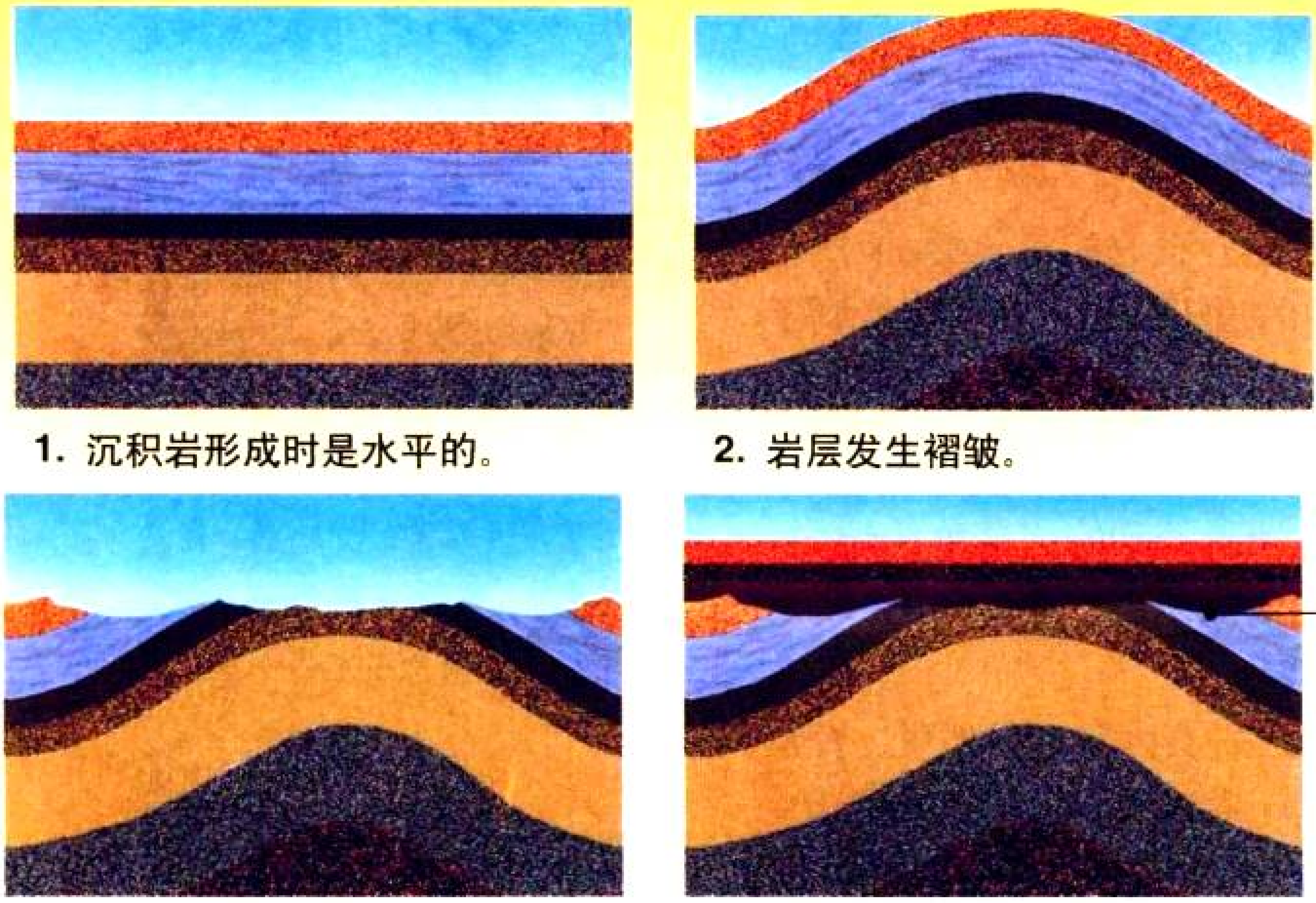
阅读 DIY

听听《大峡谷》交响曲，格罗费是如何表达大峡谷的？用什么话来形容你所听到的东西？

图4-10 侵入岩和断层为确定岩石的相对年龄提供了许多线索。图4-10A 侵入岩切割了岩层。图4-10B 岩层破裂并沿着断层移动。
推理 *图4-10A中哪个岩层更老，侵入岩还是它所经过的岩层？*







1. 沉积岩形成时是水平的。

2. 岩层发生褶皱。

3. 岩石表面被侵蚀。

4. 新的沉积物沉淀下来，在不整合面上形成岩石层。

图 4-11 沉积岩层被侵蚀掉后形成不整合面。其他的岩石层在侵蚀表面上形成。

地质纪录中的断代

沉积岩层的地质纪录并不总是完整的。沉积作用慢慢地在沉积岩层上叠加新的一层。但是一些岩层可能被侵蚀掉，暴露出一个比较老的岩石表面。然后再次沉积，形成新的岩层。

新岩层与底下老岩层的接触面称为不整合面。**不整合面 (unconformity)** 是地质纪录中的断代。不整合面表示那里的一些岩层因侵蚀而丢失。图 4-11 是不整合面的形成过程。

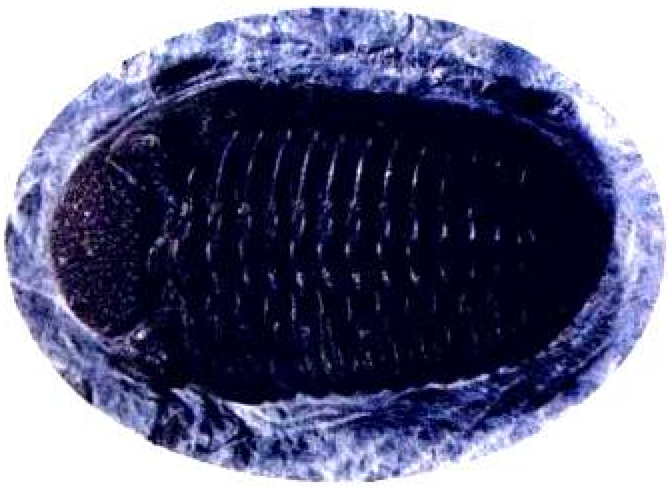
利用化石测定岩石年龄

要对岩层进行测年，地质学家先要给出某地一个岩层的相对年龄，然后才能给出其他地点相应岩层的相同年龄。

某些标准化石帮助地质学家判别岩层。要成为一个有用的**标准化石 (index fossil)**，这个化石必须分布广泛且代表短期内存在的一种生物。如果一种化石在许多不同的地方出现，就可认为是分布广泛。地质学家在岩层里寻找标准化石。**标准化石之所以有用，是因为表明了它们所存在的岩石的相对年龄。**

地质学家用特殊的生物种类作标准化石——比方说，三叶虫的某些类型。三叶虫是一种身体由三个独立部分组成的硬壳动物。5亿多年前三叶虫就开始在浅海中进化。在漫长

图 4-12 三叶虫化石分布很广泛。一些类型的三叶虫可当作标准化石。



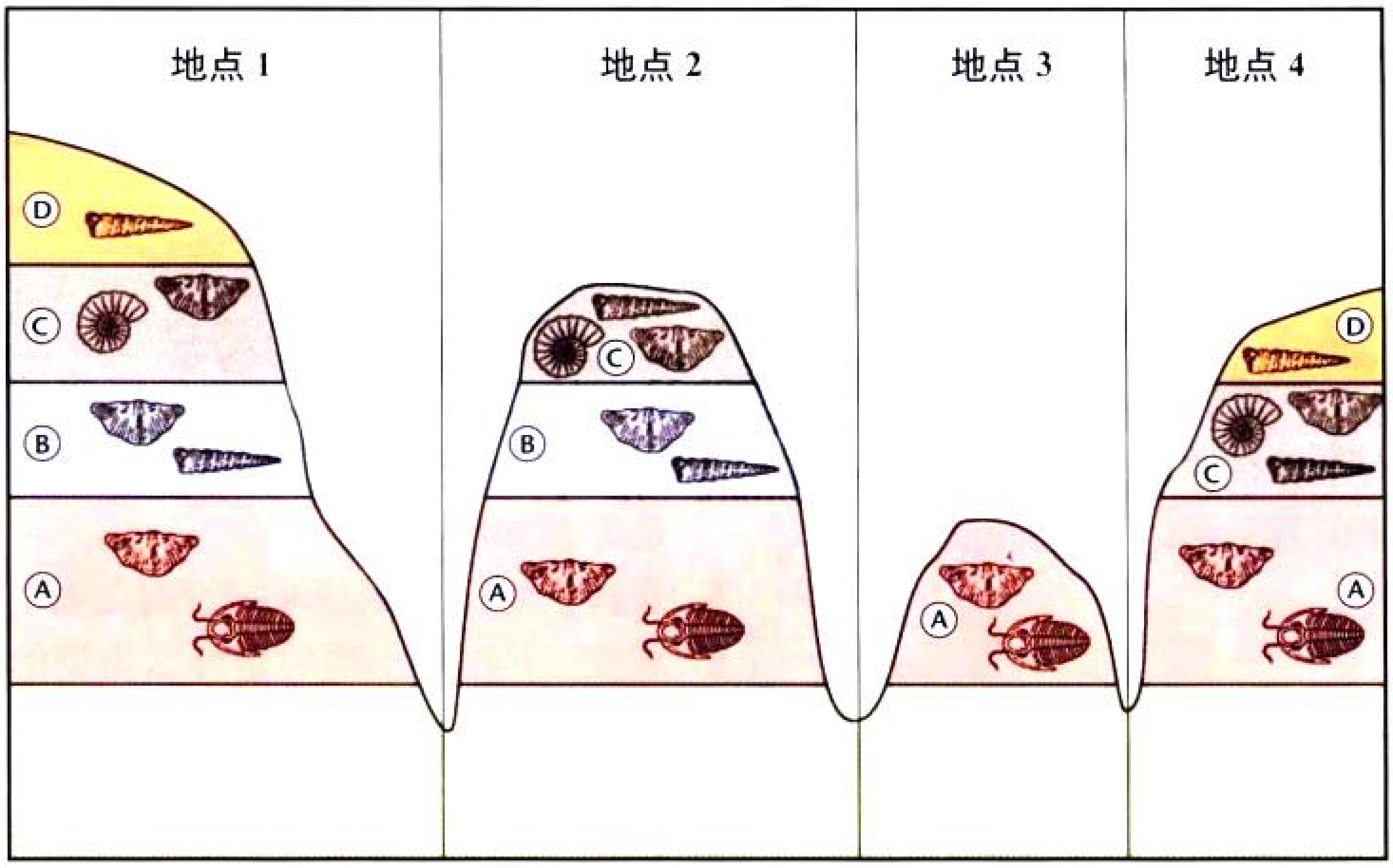


图 4-13　科学家利用标准化石来匹配相隔很远的两个地区的岩层。A层中的三叶虫是标准化石。

图解　*图中还能找到哪些标准化石?*

提示：寻找不同地点中都有的短暂存在的化石。

的历史过程中，出现了各种各样的三叶虫。大约2.45亿年前三叶虫渐渐灭绝。许多不同地区都发现三叶虫的化石。

作为一种标准化石，三叶虫的不同种类之间必定有某种区别。例如，某种三叶虫有一双巨大的眼睛。这种大眼睛三叶虫在其他三叶虫灭绝之后还存活了一段时间。假设有位地质学家在岩层中发现了这种大眼睛的三叶虫，他就可以由此推断出那些岩石要比含有其他种类三叶虫的岩石更年轻。

可以运用标准化石来判别岩层。图4-13是四种不同地点的岩层。你将发现只有一层岩石中有两种化石，这些化石就是标准化石。

第二节复习

1. 什么是叠置原理？
2. 标准化石必须有什么特点？
3. 什么是不整合面？
4. **理性思维**　**应用概念**　在北美东海岸常见到马蹄螃蟹。2亿年来它们一直没什么变化地生存了下来。马蹄螃蟹能作为标准化石吗？解释为什么能，为什么不能。

课题 4

检查进度

寻找研究所选地质时代所需的参考材料。可以从图书馆的书籍、杂志、百科全书以及网络文献中找到，并列一张资料表。在研究的同时，记下你建立班级时间轴和旅行指南所需的图片和事实，确保已包括这个时代的生物和环境信息。

当一次侦探

寻找岩层线索

化石帮助科学家清楚地知道几百万年前甚至几亿年前的地球是什么样子。

问题

如何利用化石和地质特征来阐述岩层的相对年龄？

技能

分析数据、得出结论

实验步骤

1. 研究地点1和地点2的岩层。写出这两个地点岩层的相同与不同。
2. 列出地点1和地点2每个岩层中的化石种类。

分析与结论

地点1

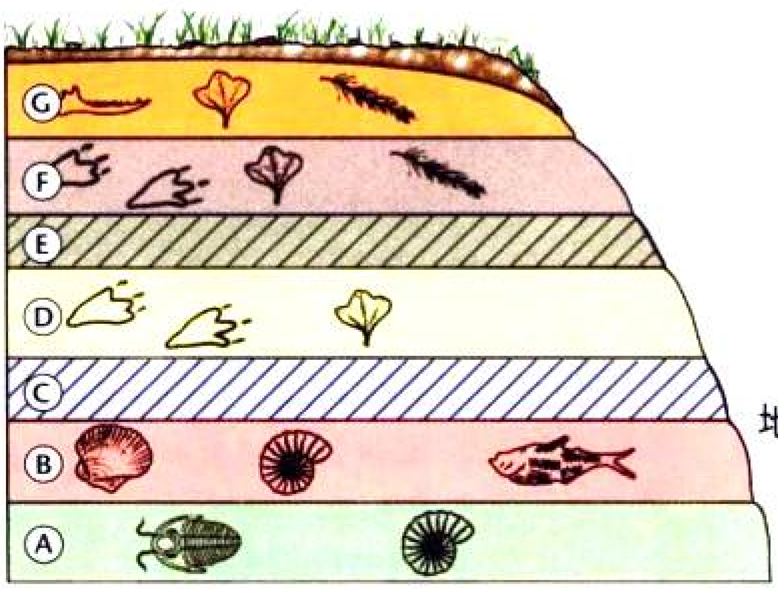
1. **分析数据** A层和B层中的“化石线索”指明岩石形成的环境是什么类型？D层中的环境发生了什么变化？
2. **得出结论** 哪一层最老？你是怎么知道的？
3. **得出结论** 哪一层形成得最晚？你是怎么知道的？
4. **推理** 为什么C层和E层没有化石？
5. **观察** F层中出现的是什么类型的化石？

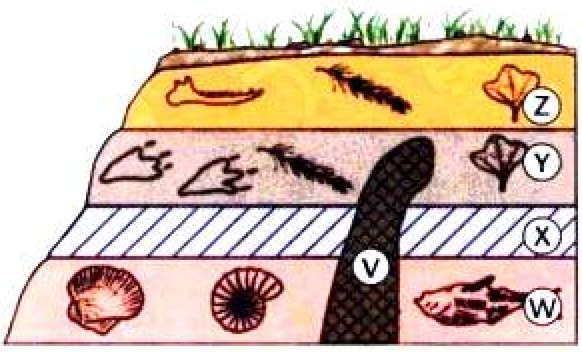
地点2

6. **推理** 地点1中的哪一层与地点2中的W层形成时间相当？
7. **分析数据** 有哪些线索表明水平岩层中存在不整合面和断代？哪一个岩层丢失了？这些岩层可能曾经发生过什么事件？
8. **得出结论** 侵入岩V和岩层Y哪一个更老？为什么？
9. **交流** 写一份流水帐，叙述地点2的环境是怎样随时间变化的。从最早的一层开始，描写出生物体的类型，它们的生长环境，以及环境是如何变化的。

进一步的探索

画一张地点2的草图，要包括一个切割侵入岩的断层。然后和同学一起确定断层、侵入岩和被断层切割的岩层的相对年龄。







SECTION 3 放射性测年

探索 **活动**

已经过去了多少年

1. 用做模型的黏土做一个立方体(5厘米 × 5厘米 × 5厘米)。
2. 小心地用小刀把黏土切成两半。把其中的一半放到一边。
3. 把黏土再平分两次。每次切开时，拿走其中的一半。

思考

预测 重复切好几次后，剩下的黏土还有多大？

阅读指南

- 放射性衰变过程中会发生什么变化？
- 从放射性测年中可以学到什么？
- 科学家是如何判定地球年龄的？

阅读提示 边读边用小标题建一个提纲，表明什么是放射性元素，地质学家如何利用它们得知岩石的绝对年龄。

在澳大利亚，科学家发现了一种含有世界上最古老化石的沉积岩——叠层石。叠层石是与现在的细菌相似的生物残留物构成的礁石。这些细菌高密度地席状群居在一起，就像蛋糕堆。这些席状物在古大洋海滨的浅水中形成生物礁。沉积物最终覆盖了这些生物礁。当沉积物转变成岩石时，礁也变成了岩石。

古生物学家判断出一些叠层石已有30亿年以上的历史。但是科学家是如何确定这些化石的年龄的呢？要了解绝对测年法，必须进一步了解岩石化学。

从一种元素转变为另一种元素

你所呼吸的空气、吃的柠檬、水坑中的水有什么共同点？它们都是物质。实际上，你周围的一切都由物质组成。虽然不同的物质看起来、摸起来、闻起来不同，但是所有你见到的物质都是由一种叫做**原子(atom)**的微粒组成。某种形态的物质由相同的原子组成时，这种物质就是**元素(element)**。碳、氧、铁、铅和钾仅仅是109种已知元素中的几种。



图4-14 叠层石是由30亿年前生活在浅海中的一簇单细胞生物形成的。现在澳大利亚附近的海洋中仍生长着类似的生物。

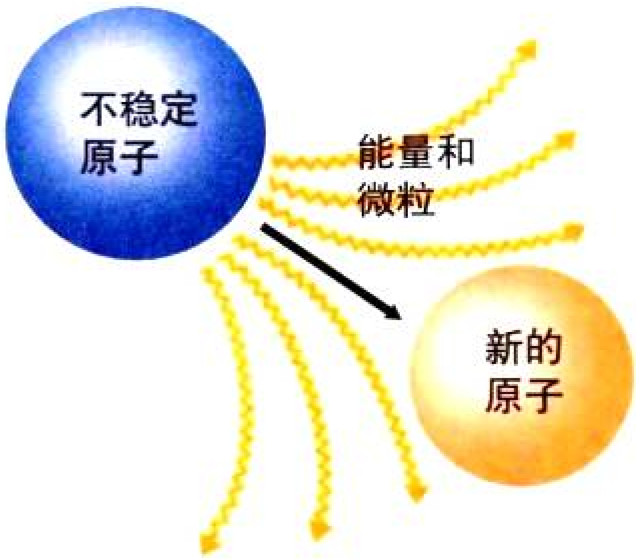


图4-15 放射性衰变过程中，原子释放能量。

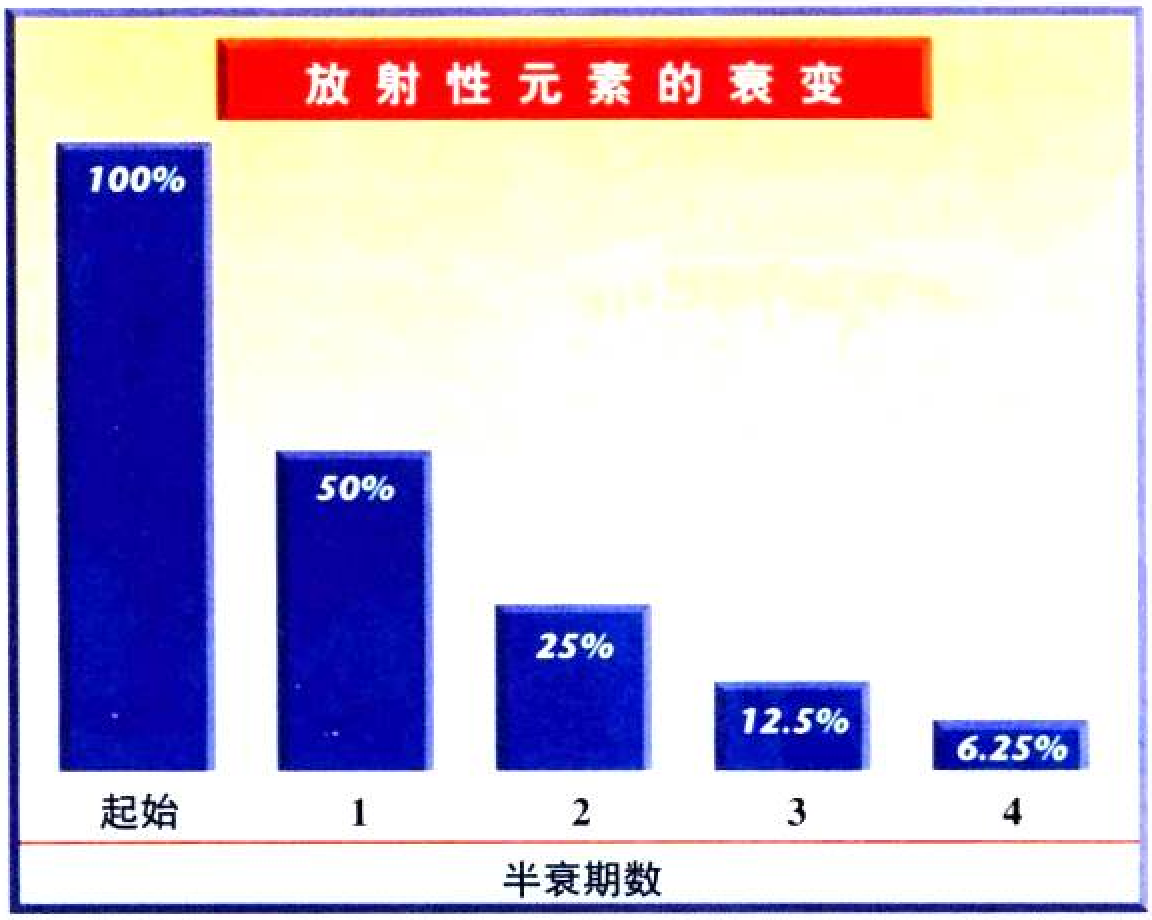
大多数元素是稳定的。通常条件下，它们是不会发生变化的。但是有些元素以不稳定的形式存在。时间一久，这些元素因**放射性衰变(radioactive decay)**过程中释放出能量和微粒而分离或衰变。这些不稳定元素称为放射性元素。**在放射性衰变过程中，一种元素的原子被破坏后形成另一种元素的原子。**放射性元素一般存在于火成岩中。科学家利用这些元素的衰变速率来计算岩石的年龄。

衰变速率

生日是用来计算年龄的特定的一天。岩石的生日又是什么呢？对火成岩而言，生日就是它开始变硬、变成石头的那个时候。(火成岩是由熔融态的岩浆和熔岩形成的。)当火成岩中的放射性元素发生衰变时，它转变成另一种元素。随着时间的推移，岩石的成分慢慢发生变化。放射性元素的数量下降，但是新元素的数量增加。

每一种放射性元素的衰变速率是恒定的即不会改变。衰变速率就是这个元素的半衰期。一种放射性元素的**半衰期(half-life)**就是指一半的放射性原子发生衰变所经过的时间。从图4-16中可以得知放射性元素是如何发生衰变的。

图4-16 放射性元素的半衰期就是指一半的放射性原子发生衰变所经过的时间。
计算 *3个半衰期后，还剩下多少放射性元素？*



放射性测年元素		
放射元素	半衰期(年)	测年范围(年)
C-14	5 730	500～5万
K-40	13亿	5万～46亿
Ru-87	470亿	1 000万～46亿
Th-232	141亿	1 000万～46亿
U-235	7.13亿	1 000万～46亿
U-238	45亿	1 000万～46亿

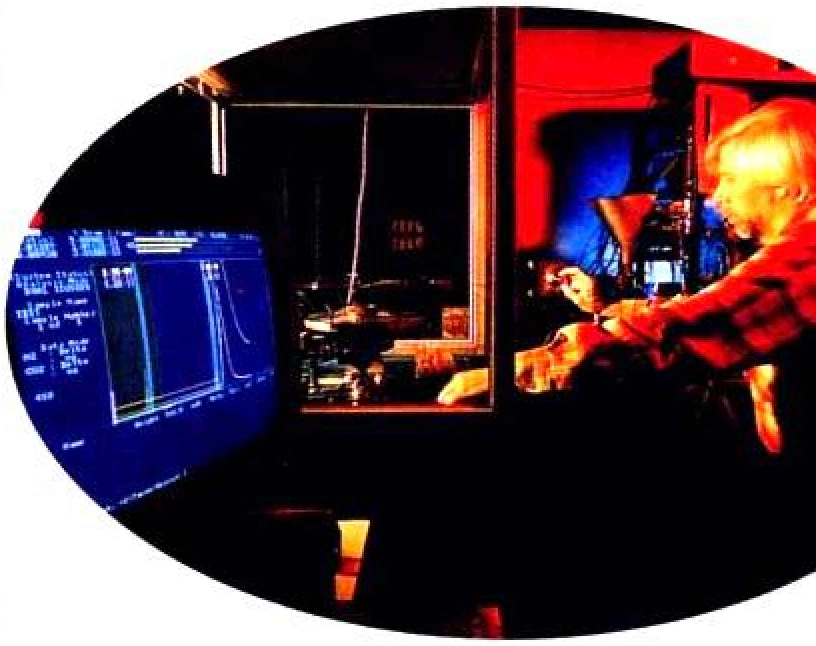


图4-17 不同放射性元素的半衰期变化很大。这位科学家在测试某种物质的样品以判断它含有多少C-14。

放射性测年所得到的绝对年龄

地质学家利用放射性测年来测定岩石的绝对年龄。放射性测年过程中，科学家首先确定岩石中一种放射性元素的数量。然后，将它与放射性元素衰变后形成的稳定元素的数量作比较。图4-17 列出了几种常见的放射元素和它们的半衰期。

K-Ar测年 科学家常用K-40测年。这种形态的钾(K)衰变后形成稳定的氩(Ar)，它的半衰期为13亿年。由于K-40的半衰期很长，所以在测量很古老的岩石时是很有用的。

C-14测年 碳的放射形态是C-14。所有的植物和动物都含有碳，其中一些就是C-14。在动植物的生长过程中，碳原子进入它们的组织中。生物死去后，不再有新的碳进入动植物体内。但是生物体内的C-14开始衰变，转变成稳定的N-14。为了确定一个样品的年龄，科学家要测量生物残体中剩余的C-14的数量。根据这个数量，就可以得出它的绝对年龄。C-14被用于测量化石的年龄，如冻起来的猛犸象化石以及一些骨头和木头碎片化石。C-14还用于测量古人类骨骼的年龄。

C-14测年法对生活在距今5万年之内的动植物的标本的测年很有用。C-14的半衰期只有5 730年。正因如此，它不能用于测量古化石和古岩石，因为剩下的C-14已经少得难以准确测定。

☑ **想一想** ***有哪两种放射性测年方法?***

增进技能

计 算 活动

你有3克放射性元素K-40。计算4个半衰期后还剩下多少K-40，以及它已经存在了多少时间。如果再经过几个半衰期，K-40的数量会有什么变化?

提示：K-40的半衰期是13亿年。

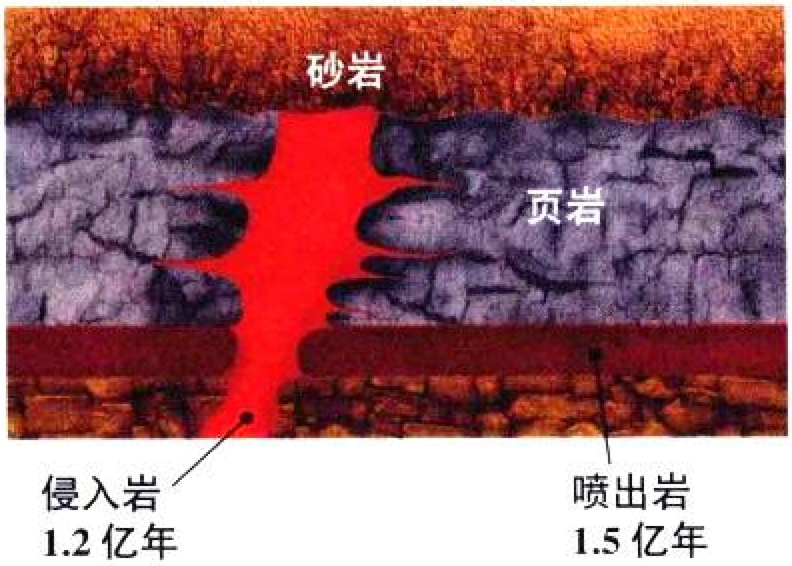


图 4-18 放射性测年被用于确定图中的侵入岩和喷出岩的绝对年龄。页岩覆盖在喷出岩上并与侵入岩贯穿。因此页岩比喷出岩年轻，但是比侵入岩老——在1.2亿年到1.5 亿年之间。

推理 *如何知道砂岩的年龄?*

岩层的放射性测年

放射性测年通常不能用于除火成岩以外的岩石的年龄测定。你应该还记得，沉积岩是沉积物在水中或风中沉积而成。沉积岩中的岩石颗粒是来自于各个年代的其他岩石。放射性测年可以得到这些微粒的年龄，但是测不出沉积岩的年龄。

那么，科学家是如何测定沉积岩的年龄的呢？他们测定沉积岩层附近的侵入岩和喷出岩的年龄。查看图 4-18，你会发现侵入岩上面的沉积岩肯定比侵入岩年轻。

地球有多大年纪了?

放射性测年被用来计算地球的年龄。目前发现的最老的岩石测年为 40 亿年。但是科学家认为地球的形成在此以前。有一种学说认为，地球和月球的年龄相同。地球幼年时期，宇宙中的一个巨大天体与地球相碰撞。这次碰撞把两个天体的大量物质撞进了地球周围的轨道。而这些物质结合在一起形成月球。科学家对 20 世纪 70 年代宇航员从月球上带回来的岩石进行了测年。**放射性测年的结果表明月球上最老的岩石的年龄为 46 亿年。科学家推测地球只比这些月球岩石稍老一点——大约 46 亿年。**

第三节复习

1. 描述放射性衰变的过程。
2. 什么是半衰期？如何用它来确定岩石的绝对年龄？
3. 什么时候科学家会用到放射性测年和相对测年来确定岩石的年龄？
4. 如何用月球岩石来确定地球的年龄？
5. **理性思维** **应用概念** 下列哪些类型的化石可以用 C-14 测年：阴模、阳模、遗迹化石、冰冻残留物还是琥珀中的残留物？为什么？

身边的科学

从抽屉中找出10种杂乱无章的东西，如钥匙、硬币、收据、照片和纪念品等。和家人一起把它们由老到新地排序。你将用什么线索来确定它们的相对年龄？你还记得这些东西是什么时候买的，或照片是什么时候拍的吗？如何确定最老的东西？对这10样东西按相对年龄列表。有没有哪一样东西你知道它的绝对年龄？

SECTION 4 地质年代表

探 索 **活 动**

这就是你的一生

1. 列出你记忆中生命里最重要的10～15件事情。
2. 在一张纸上，画一条时间轴代表你的人生。每3厘米代表1年。
3. 在时间轴上标明每个事件的准确时间。
4. 把时间轴分成几个部分代表你生命的主要阶段，如学前阶段、小学阶段、中学阶段。

思考

建立模型 时间轴上哪一个部分分布的事件最多？这一部分代表的是你人生的哪个时期？有什么感想？

假如把地球46亿年的历史浓缩为1天中的24个小时，那么，地球形成于半夜。7个小时后，最早的单细胞生物出现了。再经过14个小时，单细胞生物进化到了简单的软体生物，如水母和蠕虫。晚上9:00(21小时后)后更大型的、较复杂的生物在海洋里得以进化。爬行类和昆虫类在1个小时后首次出现。恐龙直到晚上11:00才出现，但到11:30就灭绝了。现代人类是在半夜的前1秒出现的！

阅读指南

- 为什么要用地质年代表来描述地球历史？
- 什么是地质年代的不同单位？

阅读提示 边阅读边列一张地质年代表单位清单。每个单位写一句话。

地质年代表

使用月、年甚至世纪作为时间尺度来衡量地球漫长的历史是不可行的。**因为地球历史的时间跨度是很大的，所以地质学家只能使用地质年代表来表达地球的历史。** **地质年代表(geologic time scale)**是地球历史上的地质事件和生命形式的纪录。在图4-19中所看到的就是这个时间表。

科学家通过研究世界各地的岩层和标准化石首次得出了地质年代表。利用这个信息，科学家按相对年龄将岩层进行排序。后来，放射性测年被用于确定地质年代的绝对年龄。地质学家在研究化石纪录时，发现了不同时期生命形式的主要变化。他们用这些变化来标志一个地质时代单元的结束和另一个单元的开始。因此地质年代的划分是建立在地球上生命的历史事件基础上的。

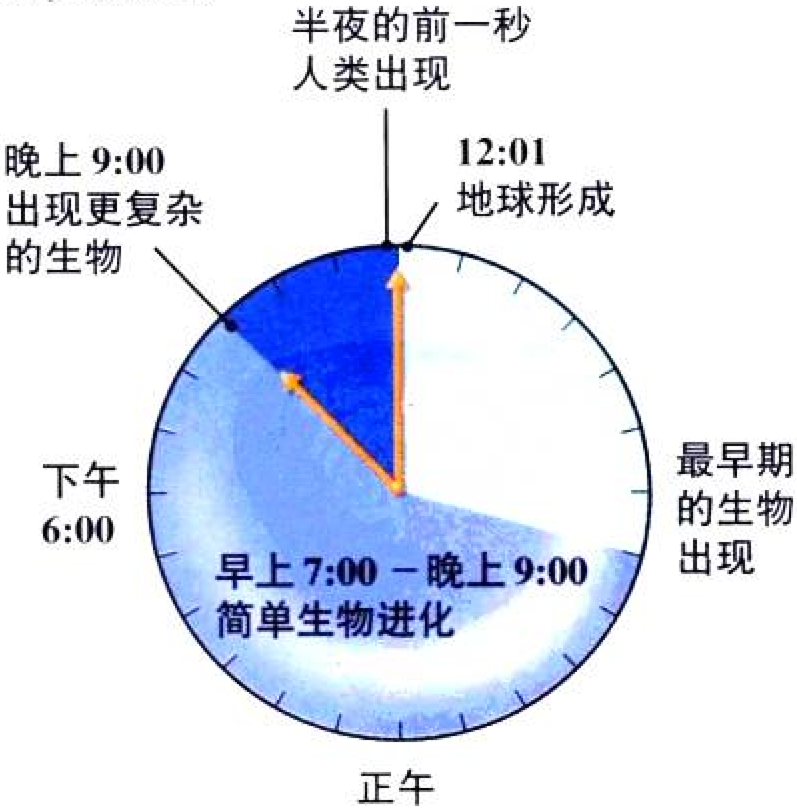


图4-19 如果整个地球历史发生在一天，那么人类只有1秒钟不到的历史。

地 质 年 代 表

代	纪	几百万年前	历时(百万年)
新生代	第四纪	1.6	1.6 至今
	第三纪	66.4	65
中生代	白垩纪	144	78
	侏罗纪	208	64
	三叠纪	245	37
古生代	二叠纪	286	41
	石炭纪	360	74
	泥盆纪	408	48
	志留纪	438	30
	奥陶纪	505	67
	寒武纪	544	39
前寒武纪		5.44 亿年前～46 亿年前	

图 4-20 地质年代表中的代、纪被用于测定地球漫长历史事件。

图解 *什么时候古生代结束了?*

地质年代的划分

在谈论过去时，你如何表达不同的时间跨度？你可能会用到世纪、年代、年、月、星期和天。你一定知道月比星期长，但比年短。科学家用同样的办法来划分地质年代。

地质年代开始于前寒武纪。前寒武纪占地球历史的88%，结束于5.44亿年前。**前寒武纪以后，基本的地质年代单元为代、纪、世。**

☑ **想一想** ***地球历史有多少属于前寒武纪?***

代、纪、世

地质学家把前寒武纪到现在之间的时间分成三个单元，称为**代(era)**，分别是古生代、中生代、新生代。

代 古生代开始于5.44亿年前，历时3亿年。"古"就是指"远古的、早期的"，"生代"指的是"生命"。许多生活在古生代的动物都没有脊椎，即**无脊椎动物(invertebrate)**。

中生代开始于2.45亿年前并持续了1.8亿年。"中"指"中间的"。人们常常称中生代为恐龙时代。然而恐龙只是这个代众多生物中的一种。例如，哺乳动物就是在中生代开始进化的。

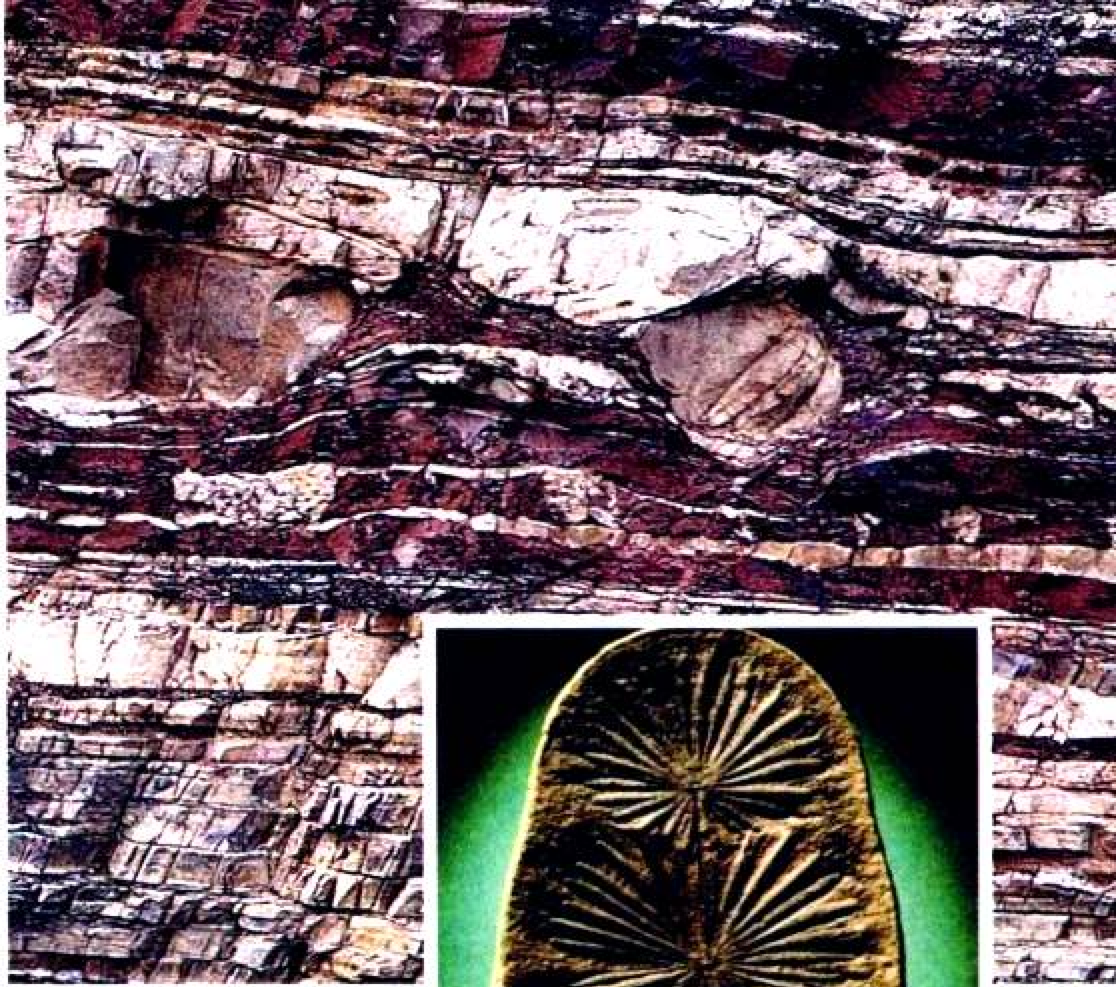
地球最近的代是新生代。它开始于6 500万年前并持续到现在。“新”就是指“新近的”。新生代有时也叫哺乳动物时代，因为这个时期哺乳动物盛行。

纪 代又被分成好几个**纪(period)**。地质中的代历时1 000万年到少于200万年。从图4-20中你可以看到中生代包括三个纪：三叠纪、侏罗纪和白垩纪。

你可能很奇怪这些纪的名字是从哪里来的。许多来自地质学家首次发现这个地质年代的岩石和化石的地方名。比方说，寒武纪中的“寒武”是英国威尔士的拉丁文名称。“侏罗”指的是法国的侏罗山脉。

石炭纪因这个时期大量煤炭沉积而得名。“石炭”是指“含炭的”。美国地质学家把石炭纪分成密西西比纪(3.2～3.6亿年前)和宾夕法尼亚纪(2.86～3.20亿年前)。

世 地质学家进一步把新生代分为几个**世(epoch)**。为什么把世用作时间尺度？新生代的化石纪录比早期的化石纪录要完整得多。这个时期发生了一系列的事件，用世可以更好地研究这个时期。



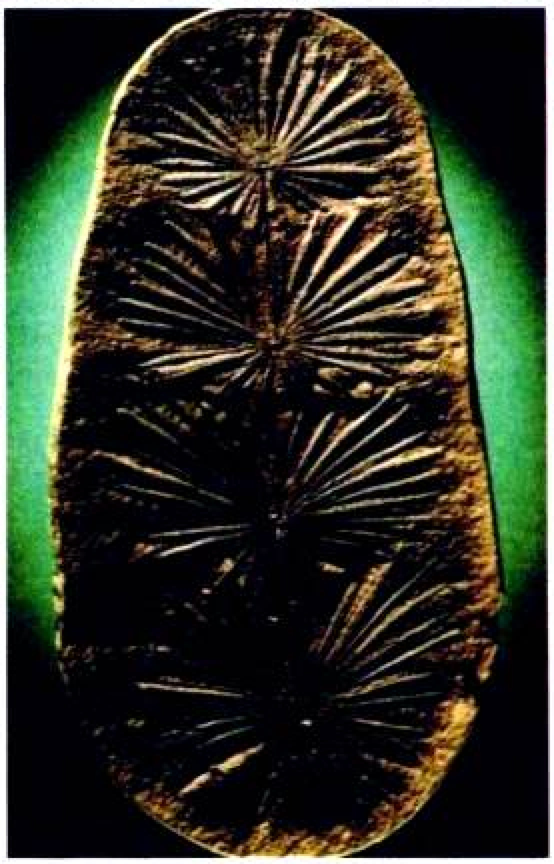


图4-21 沉积岩层(上)是在奥陶纪沉积下来的。植物化石(下)形成于石炭纪。

第四节复习

1. 什么是地质年代表？
2. 什么是地质中的纪？
3. 在建立地质年代表时地质学家最先采用哪种测年方法？与今天的地质年代表有什么不同？
4. **理性思维** **图解** 古生代中哪个纪时间最长？如果能回到1亿年前，那时是什么纪？什么代？

课题 4

检查进度

为时间轴和旅行指南作插图。作图前，想想要画成什么样子，需要哪些材料才能完成。是三维图吗？还是计算机制图？开始计划在旅行指南中如何使用这些插图，指南中的空白处有限，所以要侧重于你自己所选的地质时代。

技能实验室

建立模型

岁月流逝

地球有46亿年的历史，人们如何能掌握这么大的地质时间跨度呢？在实验室里，建立一个模型来表示地球的历史。

问题

怎样建立地质时间的模型？

材料

带有2 000颗星的工作表

一叠纸

实验步骤

第一部分　表A

1. 把表A抄到你的实验手册上。指出这些历史事件发生在多少年前并把答案写在图表上。
2. 找一张印有2 000颗星的工作表。每颗星代表一年。顶上的第一颗星代表一年前。
3. 从这颗星开始，圈出代表表A中的每个事件发生时间的星星。
4. 标出每颗画圈的星星所代表的事件。
5. 拿出一叠复印纸，一叠有500张。如果每张都有2 000颗星星，总共就有100万颗星星。因此，每一叠纸代表100万年。

第二部分　表B

6. 把表B抄到实验手册上。判断要表达表B中的地质事件需要用到多少纸张。

提示： 每叠纸代表100万年。

表A　历史事件

事　件	年　代	年　前
出生		
父(母)出生		
“挑战者”号航天飞机爆炸	1 986	
尼尔·阿姆斯特朗首次登陆月球	1 969	
第一次世界大战结束	1 918	
内战结束	1 865	
宣布独立	1 776	
哥伦布横穿大西洋	1 492	
利夫·埃里克森登上北美大陆	1 000	

表 B　地质事件

事　件	年　前	纸的张(叠)数	纸的厚度
末次冰期结束	10 000		
鲸的进化	5 000 万		
泛大陆开始分离	2.25 亿		
早期脊椎动物的进化	5.30 亿		
多细胞生物的进化(藻类)	10 亿		
最早的生命(细菌)	35 亿		
最早的岩石形成	40 亿		
地球的年龄	46 亿		

7. 测量一叠纸的厚度。用这个厚度来计算用多厚的纸来代表各个地质事件发生的时间。把答案填入表 B。

   提示：使用计算器把纸的叠数和一叠纸的厚度相乘。

分析与结论

1. **测量**　测量教室的高度。要用多少叠纸才能达到天花板？天花板的高度代表多少年？表B中的哪些事件发生在教室内的某叠张纸上？
2. **计算**　按这个尺度，要把几个教室叠起来才能表示地球的年龄？要表示脊椎动物出现的时间又要多少呢？
3. **计算**　表示地球年龄所需的纸的厚度是表示泛大陆分离所需纸的几倍？
4. **建立模型**　在模型中，如何区分各个代或纪？如何表示某种生物的进化时间和灭绝时间？
5. **交流**　模型中的尺度合理吗？用一个 1 米长的时间轴来表示地质年代的模型有哪些优缺点？

进一步的探索

用一条直线表示地质时间。还能想到用其他哪些办法来表示地质时间吗？在一张打印纸上用一支彩笔画出你自己的地质年代表。

提示：你可以用轮状、带状或螺旋状来表示地质年代。



SECTION 5 地球的历史

探索 活动

化石揭示了什么样的地球历史

1. 比较照片A和照片B中的化石。这些生物是如何变为化石的？
2. 和1～2个同学研究这两张照片中的生物。想想这些生物以前是怎样生活的。然后画出每种生物原来可能的样子。





思考

提出问题 如果你是古生物学家，你会问哪些有关这些生物的问题？

阅读指南

- 地球地质历史中的主要事件是什么？
- 地球生命进化过程中的主要事件是什么？

阅读提示 预习第132～135页上的探索地质历史。列出你对有关地球历史的所有问题，然后边读边寻找答案。

你的科研小组要进行一次野外旅行，但是这次旅行有点特别。你们将回到几十亿年前的早期地球，然后再慢慢随时间流逝回到现在。进入时间机器后把自己关起来。做个深呼吸，出发了！

档板上刻度盘的数字表示距今多少年。注视46亿年前的刻度。时间机器在地球上飞逝的时候，观察窗外的变化。地球看起来有些不同了。哪里是海洋？哪里是大陆？接下来的10亿年里，地球有什么改变？在做这次非凡的旅行的时候，回答这些问题。

前寒武纪时代

地球历史第一部分的旅行要快一些。记住，前寒武纪占了地球历史的大部分。

前寒武纪的地球 **地球由46亿年前的尘埃与气体形成。**万有引力使它们聚集在一块儿。很长时间以后，地球内部变得很热并被熔化。几亿年过去了。岩浆在地表流动，冷却凝固后形成第一块大陆。大气圈也形成了。整个世界被一片海洋包围。

最早的生命形式 科学家无法查明地球上的生命是从什么时候、什么地方开始的。但是科学家们在35亿年前的岩石里发现了单细胞生物化石。这些早期的生命形式可能就与现在的细菌相似。地球上其他形式的生命都是从这些简单生物进化来的。

早在25亿年前，生物就开始利用太阳能来制造食物。这个过程称为光合作用。光合作用产生氧气。氧气释放到空气中，大气中的氧气慢慢增加。时间一久，生物进化为能够利用氧气来生产食物中的能量。这些生物包括一些与当今的海绵和蠕虫相似的动物。由于它们都是软体动物，所以这些动物很少留下化石。然而，这些生物的进化把古生代的变化提上了一个台阶。你可以在第132～135页上的探索地质历史中找到生命进化的痕迹。

古生代

时间机器开始慢下来。你会惊奇地发现原来生命的“探索”开始于古生代。

生命探索　寒武纪时期生命形式向前跨了一大步。**在古生代的早期，进化了大量不同种类的生物**。古生物学家称这个事件为寒武纪爆炸，因为有很多新的生命形式在相对较短的时间内出现。生物首次有了硬体部分，包括壳和外骨骼。

这个时期，所有的动物都生活在海里。无脊椎动物如水母、蠕虫、海绵漂浮在水里、匍匐在沙底或者把自己粘在洋底。记住无脊椎动物是没有脊椎的动物。



图4-22　在寒武纪的早期，地球上的海洋是那些与现存动物不同的陌生生物的家。上面的化石是中寒武纪伯吉斯页岩中的一种叫伊莎贝拉虫的古生物。

腕足类动物和三叶虫在寒武纪的海洋里是很常见的。腕足类动物是两壳的小型海洋动物。他们与今天的蛤很相似。然而，蛤只是它们的远亲。

在奥陶纪和志留纪期间出现了现代章鱼和鱿鱼的祖先，其中一些被称为头足类动物身长达10米。**这个时期还进化了无颚鱼类。无颚鱼类是最早的脊椎动物。脊椎动物(vertebrate)**是有脊椎的动物。这些鱼有吸管一样的嘴巴，很快地它们就在海洋中大量繁殖。

生命的登陆 志留纪以前，只有单细胞生物生活在陆地上。志留纪时期，植物开始在陆地上生长。首先是沼泽地区低矮的简单植物。但是到泥盆纪，就已经进化到能在较干燥地区生长的植物了，其中包括早期的蕨类。志留纪还出现了早期的昆虫类。

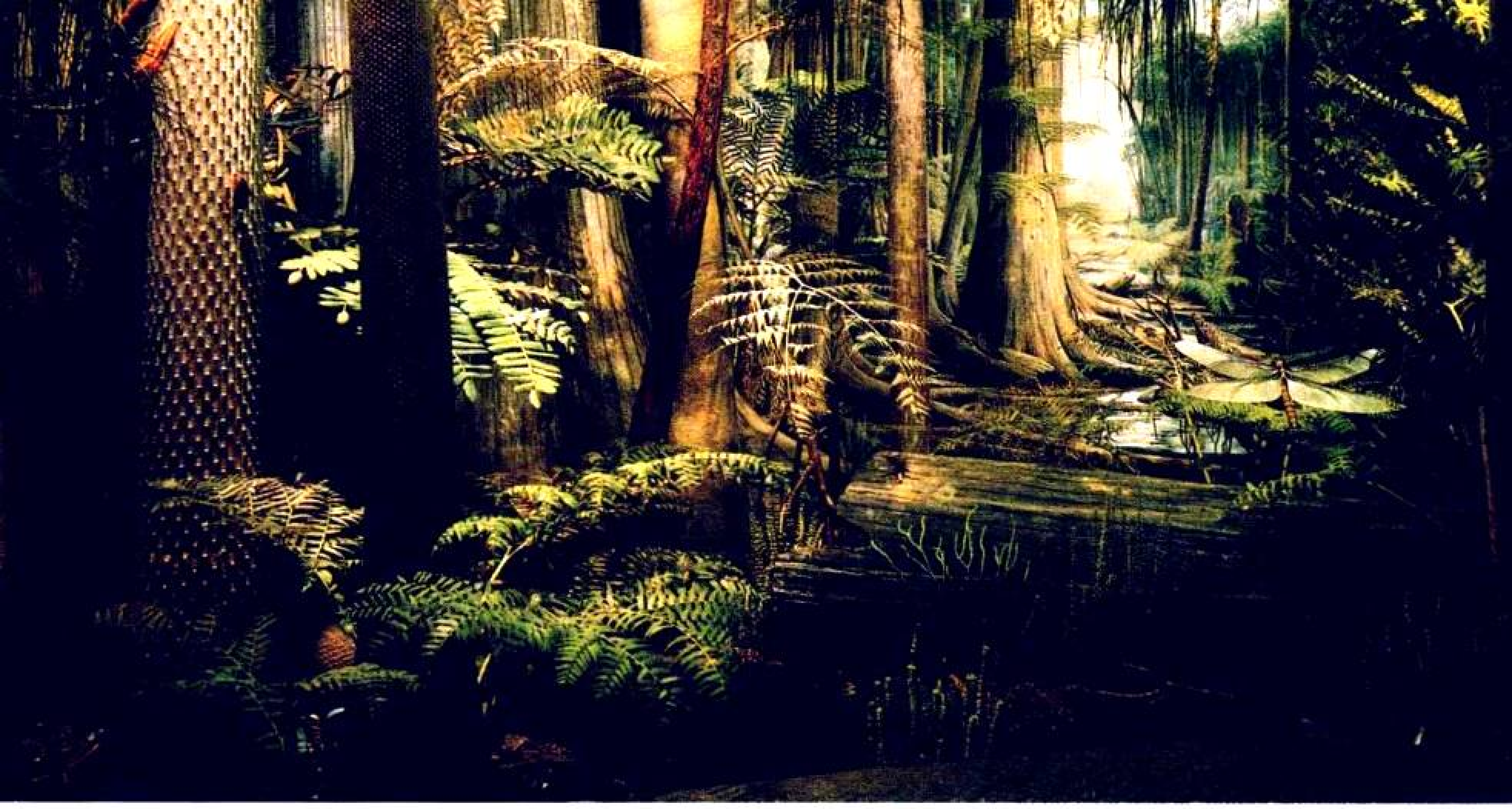
无脊椎动物和脊椎动物都生活在泥盆纪时期的海洋里。尽管无脊椎动物的数量相对多得多，但是泥盆纪还是常称为鱼类时代，这是因为鱼的主要种类在那个时期的海洋里就出现了。现在的鱼类多数有下颚、多骨脊椎和鱼鳞。鲨鱼是在泥盆纪后期出现的。

泥盆纪期间动物开始向陆地发起进攻。最早爬到陆地上的是有结实肉鳍的肺鱼。早期的两栖动物是从肺鱼进化来的。**两栖动物(amphibian)**是指既可在陆地上生存又可在水里生存的动物。图4–23中的鱼石螈就是早期的两栖动物。

接下来的古生代，生命蔓延了整个泛大陆。其他种类的脊椎动物从两栖动物进化而来。比方说，在石炭纪开始出现小型爬行动物。**爬行动物(reptile)**的皮肤上有鳞片，所产卵的外

图4–23 早期的两栖动物鱼石螈(中)身长1米左右，生活在泥盆纪后期。另一种类鱼的两栖动物刺鳍螈(底)，也生活在同一时期。





壳既结实又强韧。在古生代的后期，一些爬行动物体形变大。

石炭纪期间，有翅昆虫进化出许多种类，如大型的蜻蜓和蟑螂。大型蕨类、裸子植物和树林形成大型沼泽森林被称为“煤林”。煤林是如何得名的？煤林植物遗体沉淀为厚厚的沉积物，这些沉积物在几百万年后变成煤炭。

图 4-24　石炭纪森林茂盛。蜻蜓类的昆虫是很常见的。*预测　在石炭纪能找到什么样的化石？*

古生代以生物大灭绝而告终　在古生代的末期，许多生物种类灭绝，这就是**生物大灭绝(mass extinction)**，许多种类的生物在同一时间灭绝了。**古生代末期的生物大灭绝波及到陆地上和海洋中的动植物。科学家们不知道生物大灭绝的原因，大约95%的海洋生命消失了。**比方说，出现在古生代早期的三叶虫突然间在古生代末期绝种了。许多两栖动物也消失了。但是并非所有的生物都消失。生物大灭绝并没有影响到鱼类，而且仍有许多爬行动物幸存下来。



图 4-25　长棘龙——生活在二叠纪早期的爬行动物之一，这种肉食动物身长 3.5 米。

想一想

古生代的生命进化过程中发生了哪三个主要事件？

探索 地质历史

利用化石记录，古生物学家制作了一张表示每个地质时期常见的不同种类的动物图。

前寒武纪
46 ~ 5.44 亿年前

古生代
5.44 ~ 2.45 亿年前

纪



寒武纪
5.44 ~ 5.05 亿年前



奥陶纪
5.05 ~ 4.38 亿年前



志留纪
4.38 ~ 4.08 亿年前



- 地球形成于 46 亿年前。
- 40 亿年前海洋形成，并覆盖了地球。
- 地球大气中出现氧气。
- 第一块沉积岩形成于35亿年前。
- 大约在35亿年前出现了细菌。
- 在23亿年前出现第一个冰期。
- 前寒武纪的晚期出现软体多细胞生物。
- 第一次生物灭绝出现在前寒武纪末期。

- 古大陆包括赤道附近的劳伦古陆、波罗的海古陆以及南极附近的冈瓦纳古陆。
- 古大陆大部分被浅海覆盖。
- 海生无脊椎动物大爆炸。
- 出现了有壳的无脊椎动物，包括三叶虫、软体动物和腕足动物。

- 温暖的浅海覆盖了大半个地球。
- 现在的北非当时被冰盖覆盖。
- 无脊椎动物占领了海洋。
- 早期的脊椎动物——无颚鱼很普遍。

- 早期的劳伦古陆
  罗的海大陆相碰
- 珊瑚礁形成。
- 有颚鱼出现。
- 陆地植物出现。
- 昆虫和蜘蛛出现

盆纪
8 ~ 3.60 亿年前



- 海平面上升、下降然后至现在的北美。
- 鱼类时代开始，鲨鱼和有鳞的、多骨的鱼盛行。
- 三叶虫、珊瑚、腕足类和其他的无脊椎动物在海洋里盛行。
- 进化了肺鱼。
- 两栖动物首次登陆。
- 沼泽地区生长了森林。

石炭纪
3.60 ~ 2.86 亿年前

密西西比纪
(3.60 ~ 3.20 亿年前)



- 阿巴拉契亚山开始形成。
- 北美和北欧位于温暖的热带地区。
- 现在的南美和非洲地区处于寒冷状态。

宾夕法尼亚纪
(3.20 ~ 2.86 亿年前)



煤林

- 北美东部和欧洲部分地区被大型的沼泽森林覆盖。
- 首次出现真正的爬行动物。
- 昆虫类大量盛行。
- 出现有翅昆虫。

二叠纪
2.86 ~ 2.45 亿年前



- 各大陆联合形成统一大陆——泛大陆。
- 在热带地区沙漠面积增大。
- 现在的南半球大陆当时处于冰期。
- 爬行动物统治陆地。
- 温血爬行动物出现。
- 生物大灭绝使得海生无脊椎动物（包括三叶虫）消失了。

中生代
（2.45 ~ 0.65 亿年前）

三叠纪
2.45 ~ 2.08 亿年前


胫骨龙


摩根锥齿兽


苏铁类

- 泛大陆在三叠纪的大部分时间里都是联合在一起的。
- 泛大陆的中心以炎热、干燥的气候条件占主要地位。
- 爬行动物时代开始。
- 出现第一只恐龙。
- 由温血爬行动物进化而来的哺乳动物出现。
- 首次出现乌龟和鳄鱼。
- 森林主要以针叶树、棕榈类和银杏占优势。

侏罗纪
2.08 ~ 1.44 亿年前


剑龙


巨孔兽


始祖鸟


梁龙

- 泛大陆开始分离，北美洲从非洲和南美洲
离出来。
- 世界许多地方的海平面上升。
- 恐龙繁盛，包括剑龙、梁龙和雷龙。
- 首次出现鸟类。
- 首次出现能飞的爬行动物——翼龙。

新生代
6 500 万年前至今

垩纪
44 ~ 0.65 亿年前


木兰


暴龙


原始肉食哺乳动物


三角龙

各大陆向现在的位置移动，南美洲与非洲大陆分离。
出现世界性的火山活动。
首次出现开花植物。
恐龙盛行，包括暴龙。
首次出现蛇。
末期的生物大灭绝引起了包括恐龙在内的许多陆地和海洋生命形式的消失。

第三纪
6 500 ~ 160 万年前


恐角兽


原岩狸


蛇颈龙

- 落基山脉、阿尔卑斯山脉、安第斯山脉和喜马拉雅山脉形成。
- 各大陆漂移到现在的位置。
- 大陆冰川在 2 500 万年前就覆盖了南极洲。
- 开花植物繁盛。
- 首次出现草本植物。
- 哺乳动物时代开始。
- 出现现代种群如马、象、熊、啮齿动物、灵长类动物。
- 哺乳动物以鲸和海豚的形式回到海洋。
- 古人类得以进化。
- 在250万年前大陆冰川再次覆盖北美部分地区。

第四纪
160 万年前至今


剑齿猫


大癞兽


智人

- 冰川在整个北美和欧洲，部分南美和亚洲以及整个南极洲消长。
- 北美的五大湖形成。
- 没被冰覆盖的北美和欧亚大陆的那部分地区大型哺乳动物昌盛。但是在大约1万年前的冰期结束时，这些哺乳动物灭绝了。
- 哺乳动物、开花植物和昆虫类占领昆了陆地。
- 10万年前现代人类在非洲开始进化。



2.6 亿年前

图4-26 在2.25亿年前超级大陆——泛大陆开始分离。

观察 *北美洲和南美洲的移动与非洲和欧洲有什么联系？*



现在

试一试

生命和时间 活动

1. 排列以下事件的顺序：大陆冰川后退；鱼类的出现；最古老的化石形成；古人类出现；无脊椎动物大爆炸；恐龙灭绝；泛大陆形成。
2. 画一条时间轴并标上下列几个时间：
   35 亿年前
   5.44 亿年前
   4 亿年前
   2.6 亿年前
   6 500 万年前
   350 万年前
   1 万年前
   选择一个适合的比例尺。

分析数据 在所画时间轴上把每个事件与正确的发生年代对应起来。比较恐龙灭绝的时间与最古老的化石形成的时间先后。

超级泛大陆

科学家不知道古生代末期生物大灭绝的原因是什么。一种理论认为是地球的气候变化引起的。但是什么引起了气候的变化呢？科学家设想可能是由于大陆的缓慢运动。

二叠纪(2.6 亿年前)时，地球大陆汇聚在一起形成一个整体(超级大陆)，被称为泛大陆 (Pangaea)。泛大陆的构造引起了热带地区沙漠的扩张。同时，冰盖覆盖了南极附近的地区。许多生物不能在新的气候条件下存活。泛大陆形成后，再次分离。图 4-26 显示了各个大陆是如何漂移到现在的位置的。它们漂得很慢——一年才几厘米。

大陆的运动有时被称为大陆漂移。但是各大陆并不是真正“漂浮”着的。由于地球内部的力的作用，各大陆在地球表面缓慢移动。

☑ ***想一想*** *什么是泛大陆？*

中生代

几百万年一晃而过。时间机器穿过泛大陆和它分离后的各大陆板块。请注意观看，恐龙！这是你常常在电影里看到、在书上读到的那个时代。

三叠纪 二叠纪的生物大灭绝中有一些生物存活下来。这些生物就成为三叠纪早期的主要生命形式。鱼、昆虫、爬行动物和被称为松类的裸子植物都存活了下来。**爬行动物在中生代十分盛行，所以这个时期又称为爬行动物时代。**

大约在2.25亿年前，出现了第一只恐龙。最早的恐龙腔骨龙是肉食动物，它的骨头很轻而且是中空的，奔跑时后腿交换，身长2.5米。

三叠纪时期还首次出现了哺乳动物。**哺乳动物(mammal)** 是温血脊椎动物，它们用乳汁来哺育后代。哺乳动物可能是由温血爬行动物进化而来。三叠纪的哺乳动物个子矮小，与老鼠和鼩鼱的大小差不多。现在的哺乳动物都是从这些小型哺乳动物进化来的。

侏罗纪 侏罗纪时期，恐龙是陆地上的优势动物。科学家们已经发现了几百种不同类别的恐龙。一些是食草的，而另一些是食肉动物。恐龙控制了这个地球近1.5亿年，但是不同时期由不同种类的恐龙控制。20米长的叉状脊龙是侏罗纪的较大的恐龙之一。知名的最小的恐龙是美颌龙，它壮年时也只有50厘米长。

图4-27 生活在侏罗纪晚期的食草恐龙——叉状脊龙。







最早的鸟类出现在侏罗纪，叫始祖鸟。“始祖鸟”的意思是古老的有翅膀的动物。今天许多古生物学家认为鸟类是从恐龙进化而来的。20世纪90年代期间科学家在中国发现了恐龙头骨和牙齿的化石，但是这些生物有鸟类的身体和羽毛。

图 4-28 从化石(上右)中，古生物学家推知始祖鸟身长30厘米，有羽毛和牙齿，翅膀上有爪子。上图经过了画家的处理，给始祖鸟添上了多彩的羽毛。

白垩纪 白垩纪中爬行动物仍旧是主要的脊椎动物。恐龙，如肉食类的霸王龙占领了陆地。哺乳动物得以进一步进化。会飞的爬行动物和鸟类互相争夺空中的地盘。空心的骨头和羽毛使得鸟类比在白垩纪灭绝的会飞的爬行动物更能适应环境。海洋里，如乌龟和鳄鱼之类的爬行动物与鱼类及海洋无脊椎动物一起遨游。

白垩纪也孕育了新的生命形式。开花植物进化了，包括你现在所看到的多叶的树、灌木和小型开花植物。与松树不同，开花植物结的籽在果实里面。果实可以帮助种子存活下来。

又一次生物大灭绝 **在白垩纪结束的时候，大约在6 500万年前发生了另一次生物大灭绝。科学家将这次生物大灭绝归因于太空中的某个天体撞击地球。**这个天体可能是一颗小行星。小行星是在火星和木星之间围绕太阳运转的石质天体。在极罕见的情况下，小行星的轨道离地球太近而发生碰撞，几百万年前曾经发生过一次碰撞。

与空间科学的综合

当行星撞击地球时，在大气中掀起大量灰尘和水气。陆地上和海洋中的许多生物当即死去。灰尘和厚密的云层常年阻挡阳光。没有阳光，植物死亡，食草动物饿死了。这次生物大灭绝毁灭了一半以上的植物和动物门类。恐龙没有幸存下来。其他的爬行动物也有很多绝种了。

并非所有的科学家都赞成行星撞击地球引起生物灭绝的观点。一些科学家认为火山活动的频繁发生引起的气候变化也可能是恐龙灭绝的原因之一。



图 4-29 科学家设想在白垩纪时期一颗小行星在今天墨西哥东南部的尤卡坦半岛附近撞击地球。

因果推断 *行星撞击是怎样影响地球上生命的？*

☑ ***想一想*** ***中生代期间主要有哪些生物得到了进化发展？***

新生代

你的时间旅行继续从新生代向现代前进。古生物学家称新生代为哺乳动物时代。中生代期间，哺乳动物经历了一段与恐龙争夺食物和生存空间的艰难时期。**恐龙的灭绝为哺乳动物提供了生存良机。新生代时期，哺乳动物适者生存——通过进化使它们可以在许多不同的环境——陆地、水中，甚至是空中生存。**

第三纪 第三纪时期，地球的气候总体上是很温和的。海洋中出现了许多门类的软体动物。海洋哺乳动物如鲸鱼和海豚得以进化。陆地上，开花植物、昆虫和哺乳动物繁荣昌盛。草类进化后，为食草的哺乳动物提供了很好的食物来源，这些动物是当今的牛、鹿、羊和其他食草哺乳动物的祖先。一些哺乳动物开始变大，鸟类也这样。



图 4-30 这种已灭绝的哺乳动物与今天的马有亲缘关系。这一化石形成于 5 700 - 3 600 万年前的第三纪。

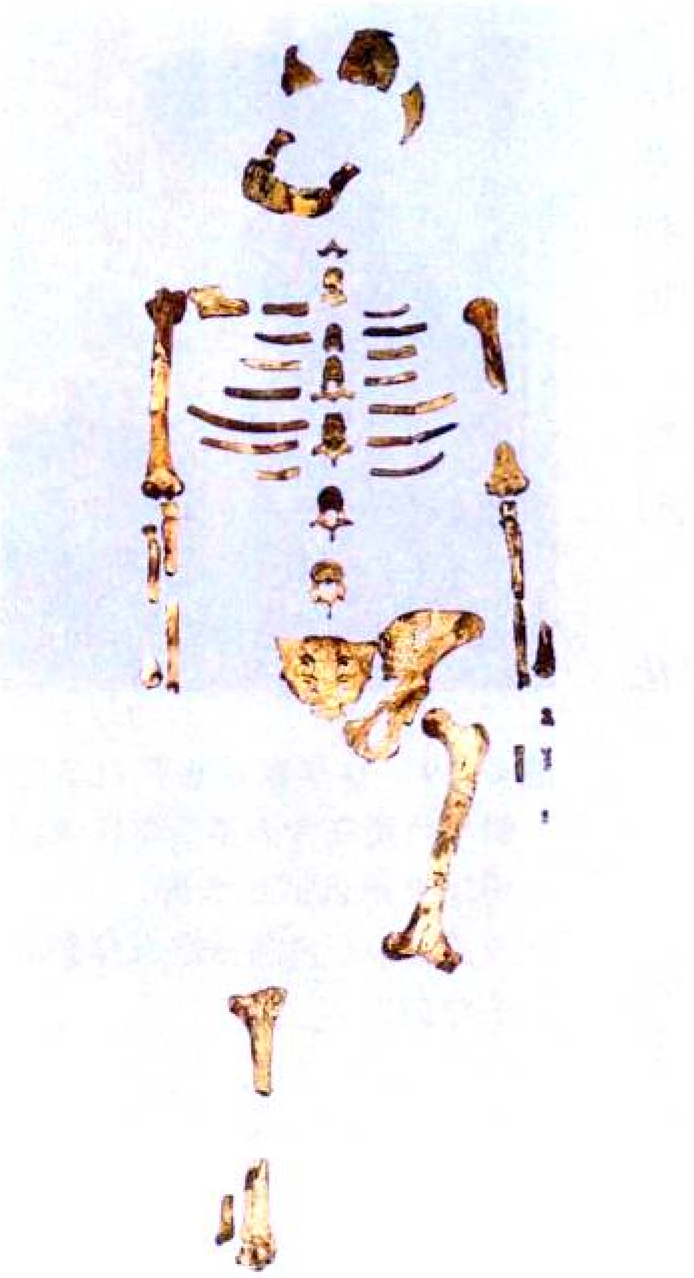


图 4-31 科学家给这副骨骼取名为露茜。现代人类的早期祖先——露茜生活在330万年前。

第四纪 在第三纪得到进化的哺乳动物最终还得面对环境的变化。**地球气候变冷，引起了第四纪一系列的冰期**。厚厚的大陆冰川间替地在欧洲和北美部分地区增长和消退。

这么多的水被冻结在大陆冰川中，使得海平面下降了100多米。然后，在2万年前，地球气候开始变暖。几千年后，大陆冰川融化，使得海平面再次回升。

海洋中，藻类、珊瑚、软体动物、鱼和哺乳动物繁荣。昆虫和鸟类共享天空。陆地上，开花植物和哺乳动物如蝙蝠、猫、狗、牛和人类——仅是其中很少的一部分——也很普遍。

化石纪录表明人类的祖先出现在350万年前。现代人或智人早在10万年前就得以进化。大约在1.2万年到1.5万年前，人类在除南极洲外的各大洲上定居下来。

现在，时间机器回到了现代。你和地球上的生物正生活在新生代的第四纪。这是生物进化和地表变化的终点吗？不，只要地球还存在，这些过程就还会继续下去。但是你得把时间机器带到未来，才能看到将会发生什么事情！

第五节复习

1. 什么是"寒武纪生物大爆炸"？为什么它对地球上的生命历史很重要？
2. 什么是泛大陆？它是什么时候形成的？
3. 恐龙的灭绝对哺乳动物的进化有什么影响？
4. 科学家认为地球大气中的氧气是从哪里来的？
5. **理性思维** **归纳** 你认为生物灭绝对生物进化有什么影响？

课题 4

检查进度

标注时间轴上你那部分的图解。如何表示动物、植物和当时的环境？完成后，把它们放在时间轴上。然后做一个你的旅行指南的草稿。在你定稿前请老师或同学帮你编辑原稿。你是否拥有有关所选地质时期的、足以使别人想去那里旅行的所有信息？

SECTION 1 化石

知识要点

- 当生物死亡后，迅速被沉积物覆盖，便形成化石。这些沉积物最终硬化并将部分生物体保存下来。
- 主要的化石种类有石化石、阴模、阳模、碳膜、遗迹化石和生物遗体。
- 化石纪录表明地球上不同时期生活着不同的生物，随着时间的变化生物门类也发生了变化。

关键术语

化石　科学理论　生物灭绝
古生物学家　进化
沉积岩
石化石
阴模
阳模
碳膜
遗迹化石



SECTION 2 确定岩石的相对年龄

知识要点

- 地层叠置原理能被用于确定岩层的相对年龄。
- 科学家也通过研究断层、侵入岩、喷出岩来确定岩层的相对年龄。
- 标准化石对测定岩层年龄很有帮助，因为它们极易分辨，在许多不同地区都出现，并且代表在地球历史上很短一段时间内生存的生物。

关键术语

相对年龄　断层
绝对年龄　侵入岩
地层叠置原理　喷出岩
不整合面　标准化石

SECTION 3 放射性测年

与化学的综合

知识要点

- 放射性衰变过程中，一种元素的原子衰变成另一种元素的原子。
- 科学家利用放射性测年方法来确定岩石的绝对年龄。

关键术语

原子　放射性衰变
元素　半衰期

SECTION 4 地质年代表

知识要点

- 由于地球历史跨越的时间太长，所以科学家采用地质年代表。
- 地质年代基本分为代、纪、世。

关键术语

地质年代表　无脊椎动物　世
代　纪

SECTION 5 地球的历史

知识要点

- 古生代开始时的“寒武纪生物大爆炸”中进化了许多不同种类的生物。
- 二叠纪时期，地球上各大陆汇聚在一起形成超级大陆——泛大陆。
- 中生代末期的恐龙大灭绝为哺乳动物提供了生存的空间，哺乳动物进化后能在地面、水中、空中各环境中生存下来。

关键术语

脊椎动物　爬行动物　哺乳动物
两栖动物　生物大灭绝

活动

相关网站

www.science-explorer.phschool.com

第4章复习

复习题

选择题

选择最佳答案。

1. 沉积物中空的生物整体或部分被称为______。
   - a. 阴模　b. 阳模
   - c. 遗迹化石　d. 碳膜
2. 当沉积岩覆盖侵蚀表面时形成地质纪录的断代被称为______。
   - a. 侵入岩　b. 不整合面
   - c. 断层　d. 喷出岩
3. 一种放射性元素衰变时，它释放______。
   - a. 原子　b. 钾-40
   - c. 微粒和能量　d. 碳-14
4. 地质年代中的代被分为______。
   - a. 世　b. 世纪
   - c. 年代　d. 纪
5. 没有脊椎的动物被称为______。
   - a. 脊椎动物　b. 哺乳动物
   - c. 无脊椎动物　d. 两栖动物

判断题

如果叙述正确，就写"T"；如果错误，写"F"，并修改划线部分。

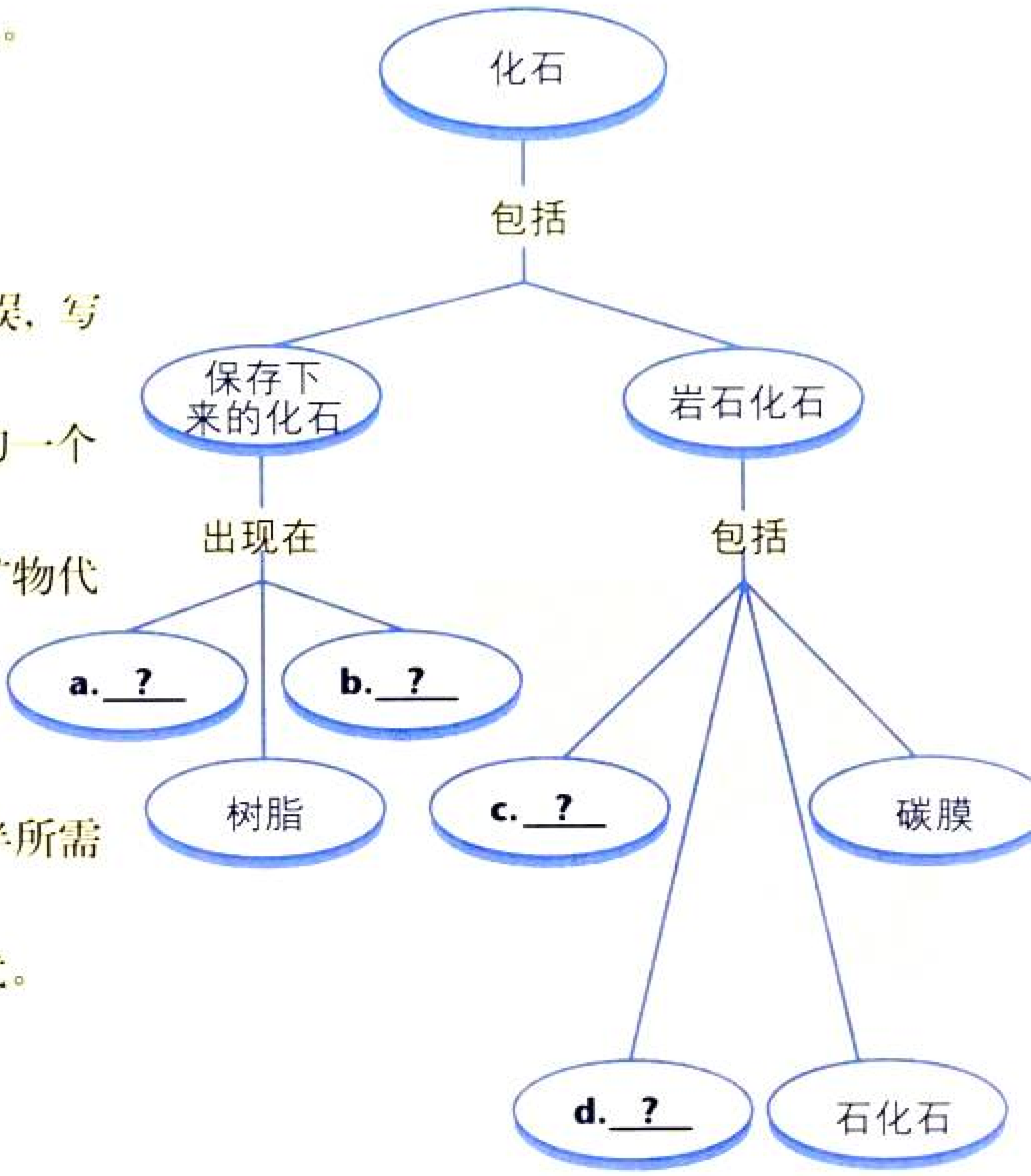
6. 岩石中的恐龙脚印是<u>遗迹化石</u>的一个典型例子。
7. <u>碳膜</u>是生物体的整体或部分被矿物代替的化石。
8. <u>相对年龄</u>是某件事确实发生后的确切年份。
9. <u>纪</u>是放射性元素的原子衰减一半所需的时间。
10. <u>古生代</u>常被称为爬行动物时代。

简述题

11. 石化石是怎样形成的？
12. 哪种生物更容易形成化石，水母还是多骨鱼？解释原因。
13. 描述不整合面的形成过程。
14. 科学家利用什么证据来确定沉积岩中化石的绝对年龄？
15. 什么时代被称为哺乳动物时代？为什么可以这样称谓？
16. **科技写作**　假设你的时间机器在中生代末期的一个大事件发生时突然停止。描述你的所见，并说明这个事件对你所见到的生命的影响。

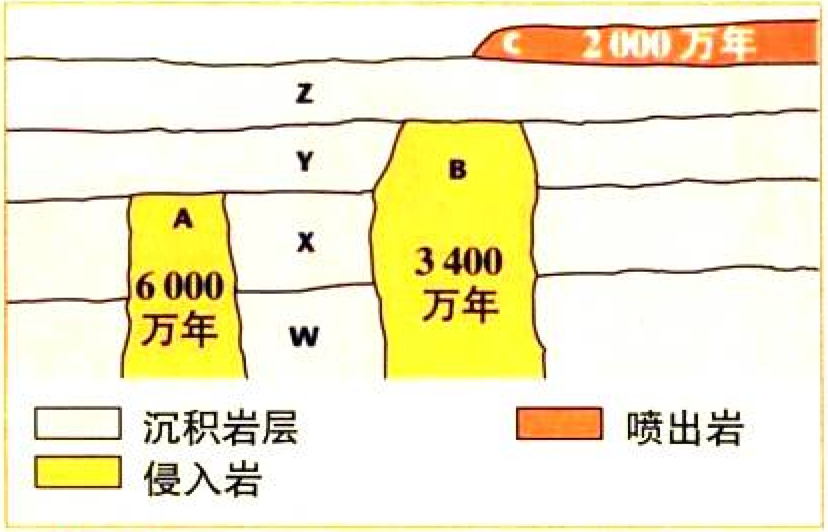
形象思维

17. **完图填空**　把化石概念图抄到一张纸上，填空并加标题。



应用技能

应用下面的岩层图来回答18～21题。



18. 推理 沉积岩中哪一层最老？哪一层最年轻？为什么？

19. 测量 科学家有什么办法来确定侵入岩和喷出岩的年龄？

20. 分析数据 Y层相对年龄是多少？

提示：可以使用什么的绝对年龄来做比较？

21. 分析数据 Z层相对年龄是多少？

理性思维

22. 应用概念 假设古生物学家在南美一座小山上的岩层中发现一种三叶虫化石。后来他们在非洲的一处悬崖底部的岩层中发现同样的三叶虫。古生物学家可以得出有关这两个岩层的什么结论？

23. 做出判断 假设你看了一部早期人类与恐龙作战的电影，你认为这部电影的科学性如何？写出评判的理由。

24. 因果推断 泛大陆形成后，气候变化，陆地变干。你认为这次气候变化如何有利于爬行动物战胜两栖动物？

25. 解决问题 碳－14的半衰期是5 730年，铀－235的半衰期是7.13亿年。哪一个更适合于测量前寒武纪的化石年龄？解释理由。

学习评估

课题4 总结

实验汇报 你已经完成了你的时间轴的图解和旅行指南。现在你可以讲述你所研究的地质时代的故事了。记住要包括一些人们在这个时期旅行时会看到的有趣的和惊险的事情。别忘了提醒他们可能遇到的危险。

思考与记录 思考你学到哪些关于地球历史的知识。最有趣的事是什么？如果你能回到过去，你想走到多久以前？

实践活动

在社区 和同学一起想想社区里什么地方可能找到化石。暴露在地表的沉积岩和建筑所用的砂岩、石灰岩中都可能找到化石。在大人的陪同下，去参观其中一个地方。勾绘或拍下找到的化石是什么类型的生物？化石是如何形成的？展示一下你所找到的化石和所得出的结论。

尼罗河的礼物



尼罗河沿岸茂盛的植被和肥沃的土壤与不远处贫瘠的沙漠形成强烈对比。

哪一条河——

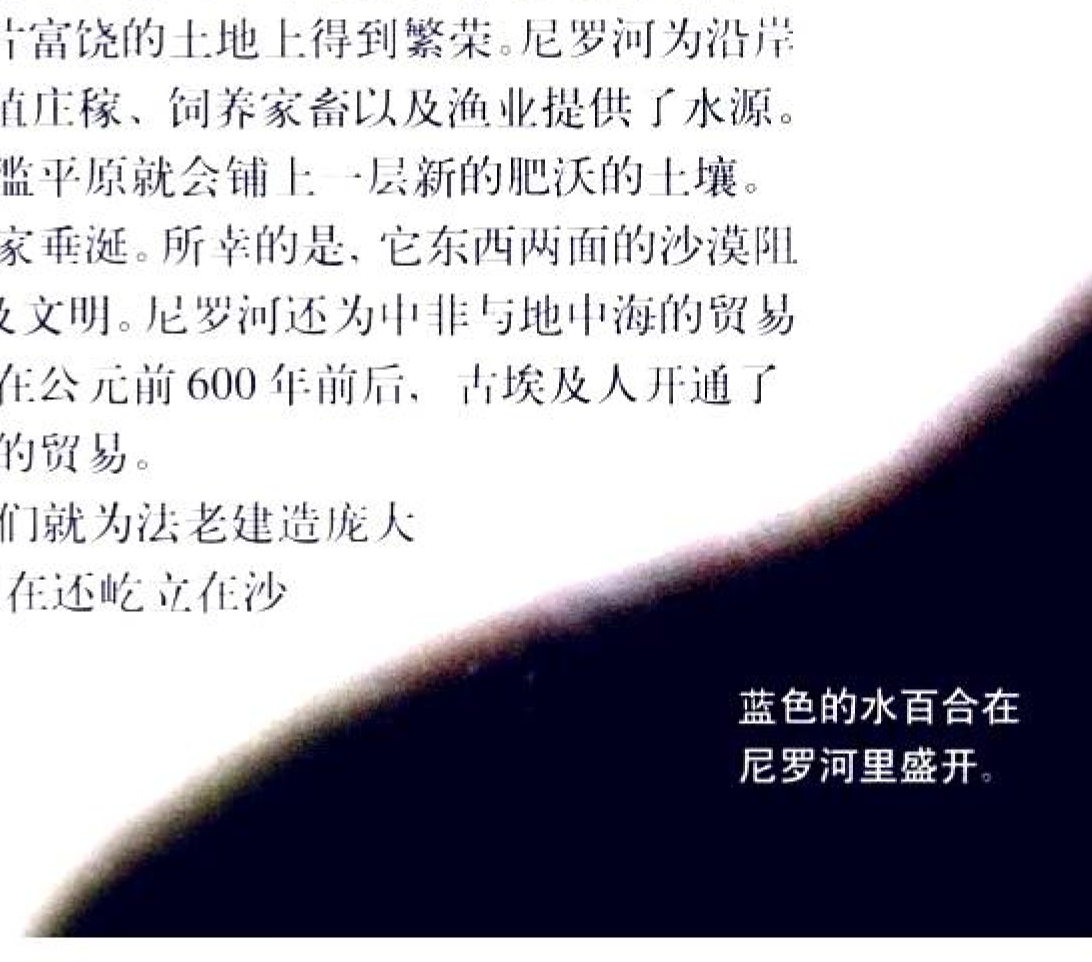
- *从南流到北？*
- *在荒凉的沙漠中流淌？*
- *孕育了 3 000 多年的灿烂古文明？*
- *是世界上最长的河？*

那就是尼罗河，它赋予埃及沙漠鲜活的生命。

5 000多年前生活在尼罗河谷的人们已经开始种植谷物并获得丰收。伟大的古埃及文明就在这片富饶的土地上得到繁荣。尼罗河为沿岸人民提供了饮用水源，也为种植庄稼、饲养家畜以及渔业提供了水源。当每年河水泛滥时，沿岸的泛滥平原就会铺上一层新的肥沃的土壤。

这片狭长的土地为很多国家垂涎。所幸的是，它东西两面的沙漠阻挡了侵略者，从而保护了古埃及文明。尼罗河还为中非与地中海的贸易往来提供了便利的交通。大约在公元前600年前后，古埃及人开通了到红海的运河，从而扩展了它的贸易。

在尼罗河泛滥期间，农夫们就为法老建造庞大的金字塔和神庙，其中一些现在还屹立在沙漠中。



蓝色的水百合在尼罗河里盛开。

埃及的生命源泉

古埃及的富饶以及人民的生活都依赖于尼罗河两岸肥沃的泛滥平原。古埃及通过等级制来支撑它的农业文明。法老是最高统治者，所有的埃及人都要向他纳税。低于法老的是一小部分上层阶级，包括牧师、书记员和贵族。商人和技术工人如制造工具的、陶工、裁缝等组成一小部分中产阶级。绝大部分埃及人是农民。农民用尼罗河水灌溉庄稼，供给整个埃及。

牧师和贵族在神庙的墙上和纪念碑上记录古埃及的历史和文学作品。他们也写在草纸上，那是一种用生长在尼罗河沿岸沼泽里的芦苇造的纸。很多记录都是关于尼罗河的。

当研究人员找到解读古埃及象形文字的方法时，他们发现了大量的可以让后人学习的圣歌、诗歌、传说、探险故事以及教训。右边的诗歌选自献给尼罗河的赞美诗，“神秘的方式”代表尼罗河泛滥带来大量的泥沙。

古埃及象形文字作该诗的装饰花边。▶



赞美尼罗河

向你致敬，尼罗河，
你来自大地，
孕育了埃及！
用你神秘的方式，
带来了肥沃的土壤，
使得追随者歌唱！
你滋润了太阳神赋予的土地，
养育着所有的饥渴者，
让我们在干涸的沙漠里畅饮，
露水从天空降临。

你慷慨无私地给予
所有美好的东西！
当你到来时，那么仁慈，
又令人敬仰，
还有甜蜜的芳香。
为牛羊带来绿草，
为诸神献出祭品……
使谷仓殷实，
使穷人不再饥饿。

哦，多么快乐！
当你到来的时候，尼罗河，
哦，多么快乐！

语言艺术活动

在这首诗中，对尼罗河进行了拟人化写法。当作家、诗人运用拟人手法时，他们赋予事物或动物以人的特征。请用拟人手法写一个故事或一首诗。在大自然中选择一个对象，例如高山、河流或者冰川。把人类的行为应用到你的写作对象，例如“小溪汩汩、喃喃、叹息”等。写之前先构思好故事发生的时间、地点、人物以及事件的顺序。

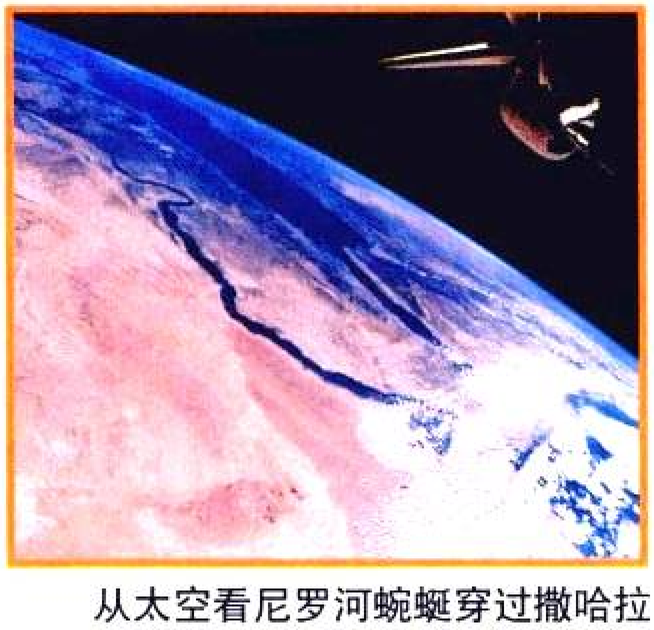
富饶的土地

在埃及的一些地方，几年都不下雨。只有大约3%的土地可以种植庄稼，其他都是暴露在太阳下的沙漠。但是炎热的天气以及尼罗河带来的水土资源，使尼罗河谷地成为粮食高产区。

尼罗河是地球上最长的河，它总长6 650千米，它的流域面积大约为330万平方千米，比密西西比河流域还大。尼罗河的上游有三条支流，它们分别是白尼罗河、青尼罗河和阿特巴拉河。

白尼罗河的源头位于赤道南边的维多利亚湖（海拔约1 135米）。有相当稳定的水量常年向北流，它流经多个激流险滩，到达喀土穆附近的沼泽地，在那里和青尼罗河交汇，形成伟大的尼罗河。

青尼罗河发源于埃塞俄比亚高原东部的塔纳湖（海拔约1 800米）。另外一条支流阿特巴拉河也发源于埃塞俄比亚高原。在喀土穆与阿斯旺之间，尼罗河流经6个大瀑布。从阿斯旺到开罗，泛滥平原伸展到河流的两岸，并逐渐展宽到19千米。在下埃及尼罗河又分成多条叉道形成尼罗河三角洲。



从太空看尼罗河蜿蜒穿过撒哈拉沙漠。右上角是宇宙飞船。





奔流直下的青尼罗河河水从埃塞俄比亚高原携带大量泥沙到尼罗河。

在5月到8月之间，东埃塞俄比亚高原的暴雨将石块和泥沙从高原冲到青尼罗河。浑浊的河水流经险滩，穿过峡谷，进入尼罗河。千万年来，从青尼罗河和阿特巴拉河下来的急流导致了尼罗河一年一度的洪水泛滥。7月中旬，阿斯旺下游的河水开始上涨，洪峰过去后，在河两岸留下一层层淤泥。

在19～20世纪，埃及在尼罗河筑坝以控制洪水。其中最大的是阿斯旺大坝，完成于1970年。由于这座大坝，埃及终于控制了一年一度的洪水泛滥。大坝为干季储存水，并且控制过剩的水。

近年来，埃及及尼罗河流域其他国家的人口迅速增长。要养活更多的人口也就意味着需要更多的可灌溉的农田。为了避免冲突，各国间必须为用水达成协议。例如大部分青尼罗河的水来自埃塞俄比亚，但下游的埃及和苏丹等国使用了大约90%的河水。目前，埃塞俄比亚由于人口增长，需水量也增加。有效地并且公平地使用尼罗河水是流域的基本问题。

科学活动

利用第86～87页的河流模型，观察尼罗河三角洲怎样形成，阿斯旺大坝怎样影响尼罗河。将水倒进河流模型的末端，以模拟大海。

- 建坝。将一个塑料泡沫杯子的顶部2厘米剪下，剪成一个半圆，作为坝，在坝顶上剪一个小缺口作为泄水道。
- 启动进水器模拟尼罗河，让水流5分钟。在河水流入海洋时，你观察到了什么？
- 把坝放在河的半道，在坝后铲出一个小而浅的水库，观察5分钟。

请问阿斯旺大坝对尼罗河泥沙的搬运有何影响？

流域灌溉

古埃及人可能是最早灌溉土地的。埃及泛滥平原的坡度很适合灌溉，土地从南向北缓缓倾斜，同时也向两边的沙漠缓缓倾斜。

埃及人利用流域进行灌溉。他们筑堤把平原分成一个个小盆地，当7～10月尼罗河泛滥时，河水淹没这些盆地。然后水位逐渐下降，留下一层肥沃的淤泥，可以用来种植庄稼。

到11月份，农民耕田播种。为了把种子压到泥土下，他们把羊群赶到地里，让羊把种子踩下去。埃及人在尼罗河谷种植小麦、大麦、大豆和扁豆、洋葱、大蒜各类蔬菜以及水果。收成用来供养整个埃及。他们还将剩余的粮食交换木材、铜以及其
用于装饰的矿物。

土地变干时，农民们从灌溉渠和深
沟里取水，他们也用一种叫扬水杆的工
直接从尼罗河取水。4月份收获后，牧群
地里吃草，直到7月中旬，河水上涨，新
一轮又开始了。

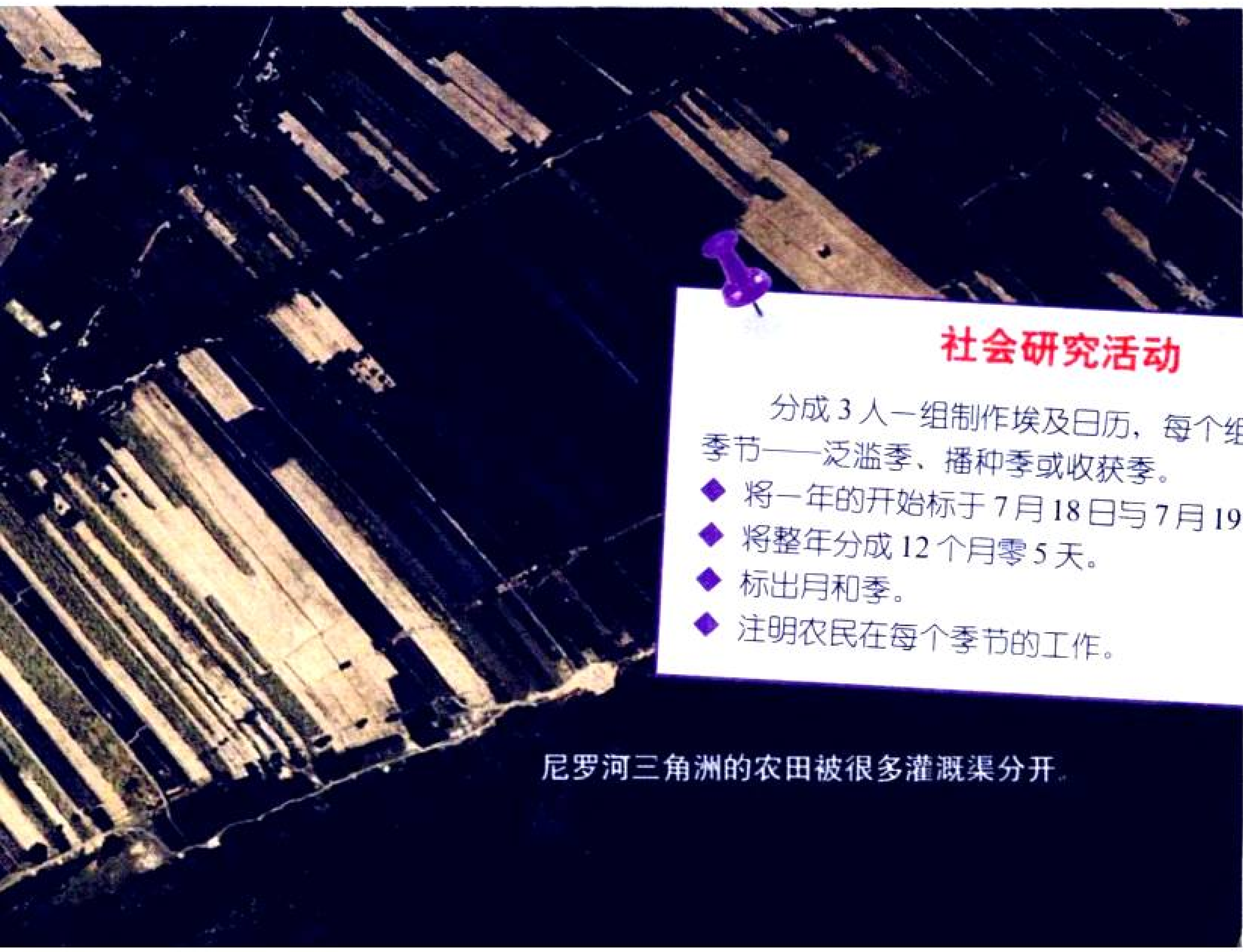
尼罗河的洪水决定了古埃及人的生
习惯。他们的一年开始于河水开始上涨的
子，大约是我们的日历7月19日前后。埃
人最早将一年定为365天。根据尼罗河的
水周期，他们将一年分为3个季节，每个
节有4个月，每个月30天。在12个月结
时，埃及人将一年中的最后5天作为节日



**扬水杆可以追溯到公元前2200年
现在还在使用。用一根木梁在一个支
上保持平衡。就像跷跷板上的那块板。
梁的一头挂水桶，另一头挂一块大石头
农民就用这种工具从尼罗河舀水，然
将水倒进灌溉渠。**



这幅画发现于底比斯的圣尼杰姆墓壁上，大约绘于公元前1 200年。壁画表现了圣尼杰姆和他的妻子在阴间耕作。妻子在播种，最上幅圣尼杰姆在用镰刀收割小麦，中间那幅表现他在犁地。最底下一幅表现了埃及人种植的水果树，例如棕榈树。



社会研究活动

分成3人一组制作埃及日历，每个组员选择一个季节——泛滥季、播种季或收获季。

- 将一年的开始标于7月18日与7月19日交界处。
- 将整年分成12个月零5天。
- 标出月和季。
- 注明农民在每个季节的工作。

尼罗河三角洲的农田被很多灌溉渠分开。

丈量土地

你用脚量过房间的长度吗？在大约公元前3000年，古埃及发明了用于测量的腕尺系统。它是基于手臂和手的长度，而不是脚。埃及腕尺是前臂的长度，即从肘部到中指尖。腕尺又被分为跨、掌、指以及指节更小的单位。

当然，每个人一腕尺的长度都不一样。所以古埃及建立了标准腕尺，叫做皇家腕尺。它是基于法老的前臂长。皇家腕尺是一片长约52.3厘米的黑色花岗石。虽然皇家腕尺被存放在王宫里，但同样长度的木质腕尺棒散布于全国各地。

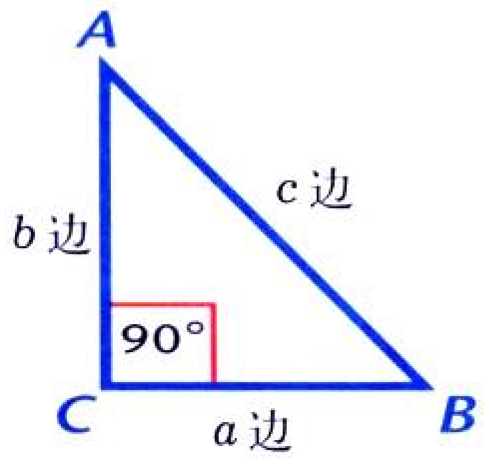
对埃及人来说，丈量很重要。当每年尼罗河水泛滥时，洪水冲掉了原来的地界，所以每年洪水结束后，农民们必须重新丈量土地。早期坟墓里的壁画显示，埃及人可能有一套丈量土地距离和角度的系统。

建造那些分布于尼罗河谷的巨大的神庙和金字塔也需要标准的测量。位于吉萨的大金塔的各边长只差几厘米，可见腕尺棒一定十分精确。

埃及人利用几何测量三角形、正方形和圆，从而建造金字塔。下图的金字塔位于吉萨，建造于公元前 2500 年。



数学活动



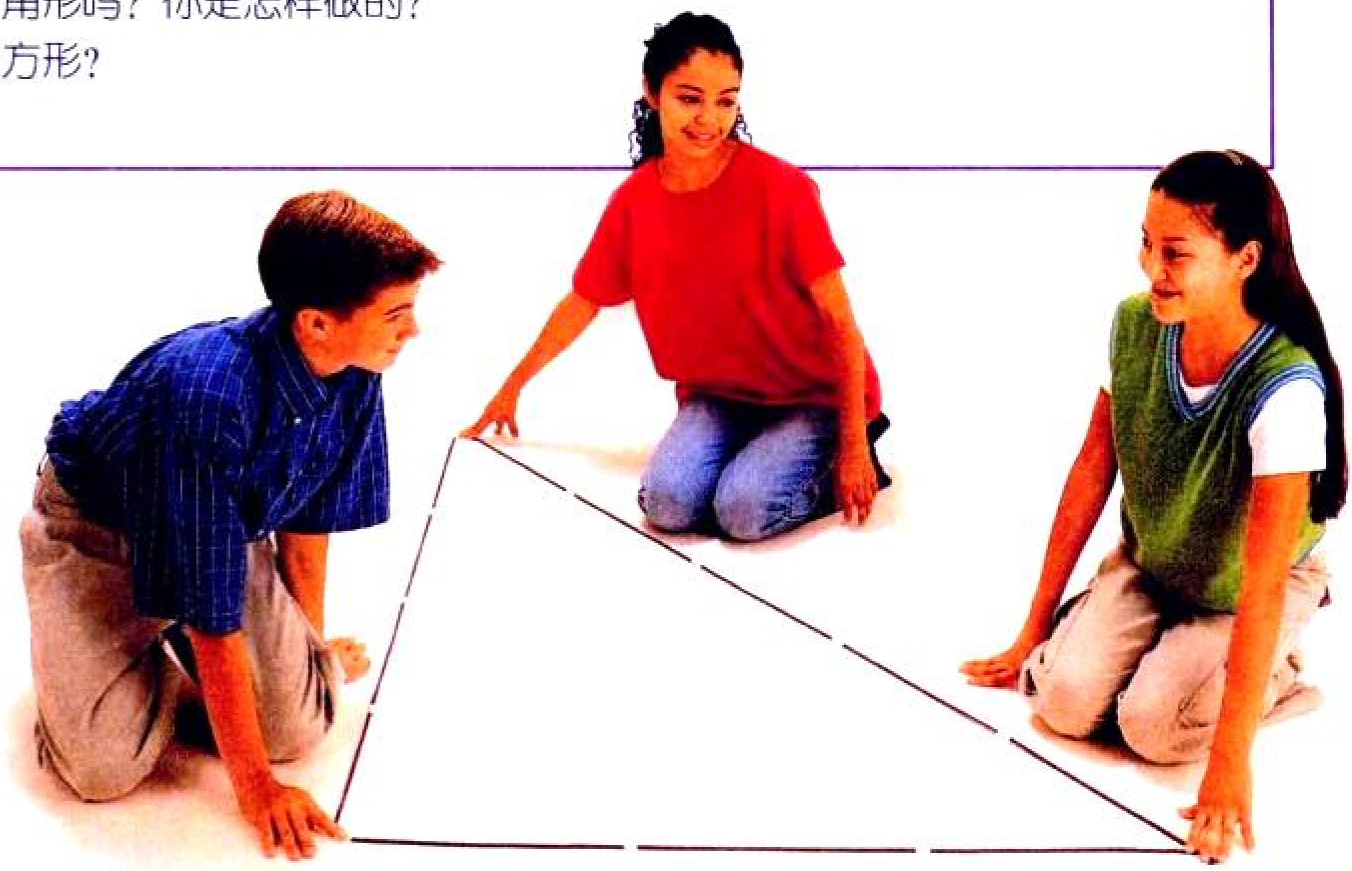
为了丈量土地和建造金字塔，埃及人必须懂得几何。他们先画出一个直角三角形，然后把地分成方块。看左图，两条短边是直角边，对着直角的边是斜边。埃及人可能已经知道两直角边的平方和等于斜边的平方，即 $a^2+b^2=c^2$。所以如果直角边分别为 3 和 4，那么斜边就是 5，即 $3^2+4^2=5^2$ 或 $9+16=25$。

现在 3 人一组来画你自己的直角三角形。

- 根据某个学生的前臂长度做一根腕尺棒。
- 用腕尺棒量出一根长 12 腕尺的绳子，并在绳上标出每一腕尺。
- 3 个学生分别拿住绳子的 A、B、C 点，即 a 边是 3 腕尺，b 边是 4 腕尺，c 边是 5 腕尺。

你做过直角三角形吗？你是怎样做的？

怎样画一个正方形？



综合练习

埃及展览

设计一个小册子，筹划在博物馆举行埃及展览。一半同学着重于古埃及，另一半去找关于最近100年尼罗河演变的资料。以小组的形式研究和组织资料和插图。小册子可以包含下列内容：

- 罗塞塔石和象形文字
- 制作木乃伊的方法
- 吉萨的大金字塔
- 图特安哈门王朝的历史和财富
- 古埃及的宗教
- 尼罗河农田灌溉系统的模型
- 古埃及和现代埃及的地图
- 1959 ~ 1970 年阿斯旺大坝的建造
- 当前埃及对尼罗河水的控制
- 当前的尼罗河三角洲

像科学家那样思考

也许你没有意识到，其实你每天都在像科学家那样思考。当你提出一个问题，并去寻找各种可能的答案时，会用到许多科学家们也在使用的技能。下面就来介绍其中的一些技能。

观 察

当你用一种或多种感官去搜集有关这个世界的信息时，就是在**观察(observe)**。聆听狗的叫声、数十二颗绿色的种子，或是闻飘来的气味都是在进行观察。科学家们为了提高他们感官的灵敏度，有时还需要使用一些辅助工具，比如显微镜、望远镜等，使观察更为详尽。

观察必须真实和准确，即必须如实反映所感知的事物。在探索科学时很重要的一点，就是要把观察到的内容仔细地记录在笔记本上，可以通过文字描述或者绘图等多种形式。通过观察得到的信息称为证据，或者说是数据。

推 理

当你对观察到的现象做出解释时，就是在进行**推理(infer)**，或者说做出推论。例如，当听到你家的狗在"汪汪"直叫时，你可能会推想有人正在你家门外。要做出这个推论，你需要把现象——狗叫声——以往的经验知识，即当有陌生人接近时狗往往会叫——结合起来。只有这样，才能得出符合逻辑的结论。

要注意，推论不一定就是事实！它只是对现象的多种可能解释中的一种。比如你的狗也可能因为想出去散步而直叫。哪怕是根据正确观察和逻辑推理而做出的推论，最后仍然可能会发现它是错的。要证明推论正确，惟一方法就是再进行进一步的调查。

预 测

气象预报会对第二天的天气做出许多预测——温度将会是几度、是否会下雨、风力有几级。预报员用观察和关于气象变化的知识来预测天气。这种**预测(predication)**技能实际上是根据现有证据和既往经验对将来的事件做出推论。

由于预测是推论的一种，所以它也有可能会出错。在上科学课时，你可以通过实验来检验预测的正确性。例如，假定你预测大的纸飞机能比小的飞得更快，那么该怎样来检验你的预测呢？



活动 看这张照片，回答下列问题。

观察 仔细看照片，然后列出至少三条观察到的信息。

推理 通过观察，对所发生的事情作一推论。你是用了什么经验或者知识来做出这一推论的？

预测 预测接下来会发生什么。你的预测是基于什么证据或者经验的？

分 类

你能想像在一个排列无序的图书馆里寻找一本书是怎样一种情形？恐怕你一整天时间都得花在找书上了。幸运的是，图书管理员会把相同主题或者同一个作者的书归类到一起。把某些特征相似的物体归类到一起的方法称为**分类(classify)**。你可以根据大小、形状、用途和其他一些重要特征来进行分类。

科学家们也像图书管理员一样，用分类的方法把信息或者事物有序地组织起来。对事物进行分门别类以后，它们互相之间的关系就变得清晰易懂了。



活 动 根据你所选择的一种特征，把照片中的这些水果分成两类。然后再选择另一种特征，把它们分为三类。



活 动 这个学生在用模型来演示地球上的昼夜是怎样产生的。请问模型中的手电筒和网球分别代表什么？

建立模型

你是否曾经用过画图的方法来帮助别人理解你所说的意思?这样的图画就是一种模型。模型是用来显示复杂事物或过程的表现手段。如图画、图表、计算机图像等。**建立模型(making model)**能帮助人们理解他们无法直接观察到的事物。

科学家们经常用模型来代表非常庞大或者极其微小的事物，比如太阳系中的行星、细胞的细微结构等。这些模型是物理模型——能直观反映真实物体形状的图画或三维结构。另外还有一些抽象模型——能描述事物活动规律的数学方程式或者描述性文字。

交 流

当你在打电话、写信或听老师讲课时，都是在进行交流。**交流(communicate)**就是与其他人交换看法、分享信息的过程。有效的交流需要许多技能，包括听说读写以及建立模型的能力。

科学家们通过交流来了解彼此的研究成果、信息和想法。他们经常通过科学期刊、电话、书信以及互联网络来交流他们的工作。他们还通过参加各种学术会议来交换看法。

活 动 在一张纸上详细清楚地写下你系鞋带的各个步骤，然后与你的同学交换，再按照他写的步骤来系鞋带。你能按他的方法系好鞋带吗？如果要把步骤说明得更清楚些，你的搭档还应该再做哪些改动？



动手测量

当科学家们进行观察时，仅仅得出结论说某件东西“大”或者“重”是不够的。他们必须用工具来测量这个东西究竟有多大或多重。通过测量，科学家能把他们的观察结果表达得更为精确，在交流时就能给出更多的信息。

使用国际标准计量单位

全世界科学家通用的标准计量系统是**国际标准计量单位 (International System of Units，简称 SI)**。SI 的单位使用方便，因为它们都是十进制的。每一个单位都是它下一级单位的十倍，同时也是上一级单位的十分之一。右表中列出了 SI 单位最常用的一些前缀。

SI 单位的常用前缀

前缀	符号	含义
kilo-(千)	k	1 000
hecto-(百)	h	100
deka-(十)	da	10
deci-(分)	d	0.1(十分之一)
centi-(厘)	c	0.01(百分之一)
milli-(毫)	m	0.001(千分之一)

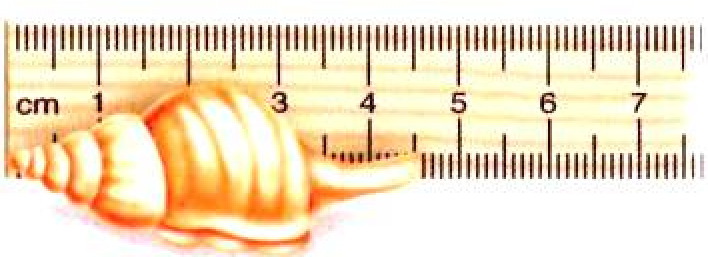
长度 衡量长度或者两点间距离的单位是**米 (meter，简写 m)**。1 米大约是从地板到门把手的距离。较长的距离(比如两个城市之间的距离)要用**千米 (kilometer，即公里，简写 km)** 来衡量。较短的距离则用**厘米 (centimeter，简写 cm)** 或**毫米 (millimeter，简写 mm)**。科学家通常用米尺来测量长度。

常用换算

1km = 1 000m
1m = 100cm
1m = 1 000mm
1cm = 10mm

活动

图中米尺上的长线表示厘米刻度，没有标数字的短线表示毫米刻度。这个贝壳有几厘米长？相当于几毫米？



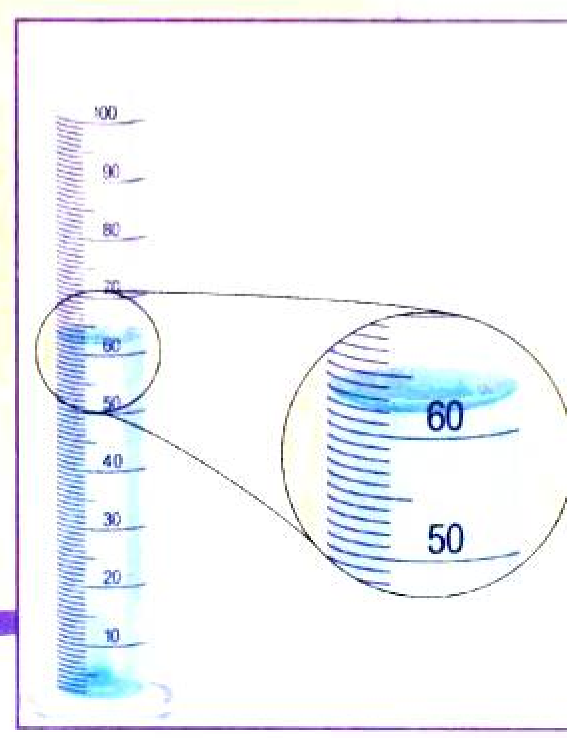
液体的体积 液体的体积，或者说液体所占空间的大小以**升 (liter，简写 L)** 为单位。一升大概相当于一个中等盒装牛奶的大小。较小的体积往往以**毫升 (milliliter，简写 mL)** 为单位。科学家通常用带有刻度的量筒来测量液体的体积。

常用换算

1L = 1 000mL

活动

图中的量筒以毫升为刻度。注意，量筒中的液面总会有一个弧度，因此又叫做凹面。测量体积时必须在凹面的最低点处读数。问这时量筒中水的体积是多少？



质量 测量质量(一个物体中物质的量),需要用到的单位是**克(gram,简写g)**。1克大约是一个回行针的质量。较大的质量要以**千克(kilogram,简写kg)**为单位。科学家通常用天平来测质量。

常用换算

1kg = 1 000g



活动

图中测量苹果质量的电子天平的单位是千克。请问这个苹果的质量是多少?假设制作一种苹果酱需要一千克苹果,那你大约会需要几只苹果?

温度 测量物体的温度需要用到**摄氏度(Celsius-scale)**。用摄氏温度计来测量物体温度就可以得到以摄氏度(℃)为单位的数值。水在0℃结冰,在100℃沸腾。



活动

图中液体的温度是几摄氏度?

SI单位的换算

使用SI单位必须懂得如何进行单位之间的换算,这需要用到**计算(calculating)**的技能。SI单位的换算与人民币元角分之间的换算是相似的,它们都以十进制为基础。

假设你要把80厘米换算成米,可以按照以下步骤进行换算。

1. 先写下要换算的测量数据——在本例中是80厘米。

2. 然后写出换算系数,代表要换算的两个单位之间的关系。在本例中,关系式为1米=100厘米。将换算系数用分式来表示,注意把要转换的单位(在本例中为厘米)写在分母上。

3. 把要换算的测量数据与这个分式相乘。这样,原来数据的单位就与分母上的单位相消。其结果的单位就变成你想要换算成的单位了(本例中为米)。

例:

80厘米 = __?__米

$$80\text{厘米} \times \frac{1\text{米}}{100\text{厘米}} = \frac{80\text{米}}{100} = 0.8\text{米}$$

活动

换算下列单位

1. 600毫米 = __?__米
2. 0.35升 = __?__毫升
3. 1 050克 = __?__千克

科学研究

从某种角度来说，科学家们就像侦探一样，把各种线索拼凑起来弄清事情的来龙去脉。他们收集线索的途径之一就是开展科学实验。实验能够审慎、有序地检验科学家的想法。虽然并不是所有的实验都遵循相同的步骤和顺序，但其基本模式大多与下列所描述的相近。

提出问题

实验是从提出一个科学问题开始的。科学问题是指能够通过收集数据而回答的问题。例如，“纯水和盐水哪一个结冰更快？”就是一个科学问题，因为你可以通过实验收集信息并给予解答。

提出假设

第二步是提出一个假设。假设是对实验结果的预测。和所有的预测一样，假设是建立在观察和以往的知识经验上的。但与许多预测不同的是，假设必须能够被检验。严格的假设应该采用“如果……，那么……”的句式。例如，“如果把盐加入纯水中，那么这水会需要更长的时间才能结冰”就是一个假设。这样的假设其实就是对你要进行的实验的一个粗略概括。



实验设计

接下来需要设计一个实验来检验你的假设。在计划中应该写明详细的实验步骤，以及在实验中要进行哪些观察和测量。

设计实验时涉及到两个很重要的步骤，就是控制变量和给出可操作定义。

控制变量 在一个设计良好的实验中，除了要观察的变量以外，其余变量都应始终保持相同。**变量(variable)**是指实验中可以变化的因子。其中人为改变的因子称为**自变量(manipulated variable)**。在这个实验中，往水里加盐的量就是自变量。而其他的因子，比如水的量、起始的温度，都应保持不变。

随着调节变量变化而变化的因子称为**因变量(responding variable)**。因变量是为了得到实验结果而需要观察或测量的指标。这个实验中应变量就是水结冰所需要的时间。

除了一个因素以外，其余因素都保持不变的实验叫做**对照实验(controlled experiement)**。绝大多数对照实验都要设立参照，本实验中的容器3就是参照。由于容器3中的水没有加盐，因此就可以拿另外两个容器的结果和它作比较。两者结果之间的差别，都可以归结为是加入了盐的缘故。

操作性定义 设计实验的另一个重要方面就是要有清楚的操作性的定义。**操作性定义(operational definition)**是指一个说清楚某个变量该如何进行测量，或者某个术语该如何定义的陈述。例如本实验中，如何来确定水是否结冰呢？你可以在实验开始前向每个容器中插入一根搅拌棒。对于“结冰”的操作性定义就是搅拌棒不能再移动的时候。

实验步骤

1. 在三个相同的容器中分别加入300毫升冷自来水。
2. 容器1中加入10克盐，充分搅拌；容器2中加入20克盐，充分搅拌；容器3中不加盐。
3. 把三个容器同时放入冰箱。
4. 每隔15分钟检查一下容器，并记录你的观察结果。

分析数据

实验中得到的观察和测量结果称为数据。实验结束时要对数据进行分析，看看是否存在什么规律或趋势。如果能把数据整理成表格或者图表，常常能更清楚地看出它们的规律。然后要思考这些数据说明了什么。它们能不能支持你的假设？它们是否指出了你的实验中存在的缺陷？是否需要收集更多的数据？

得出结论

结论就是对实验研究发现的总结。在下结论的时候，你要确定收集的数据是否支持原先的假设。通常需要重复好几次实验才能得出最后的结论。但得出的结论往往会使你发现新的问题，并设计新的实验来寻求答案。

活动

球反弹的高度是不是会受它落下的高度的影响？请按上述所说的步骤，设计一个对照实验来研究这个问题。

理性思维

你的朋友是否曾经就某个问题来征求你的意见？如果是的话，你也许已经通过逻辑的方式来帮助他理解问题了。也许你自己并没有意识到，你这样做其实就是在用理性思维的技能在帮助朋友。理性思维是指在解决问题和做出判断时使用推理和逻辑。下面就来谈谈一些理性思维的技巧。

比较与对比

当你想要寻找两件事物的相同和不同之处时，就需要用到**比较(compare)**与**对比(contrast)**的技能。比较是指找出相似性，即共同特征。对比是指找出不同点。用这种方法来分析事物能帮助你发现一些平时容易忽略的细节。



活动 将照片中的两只动物进行比较与对比。先列出你观察到的所有相似之处，再列出所有不同之处。

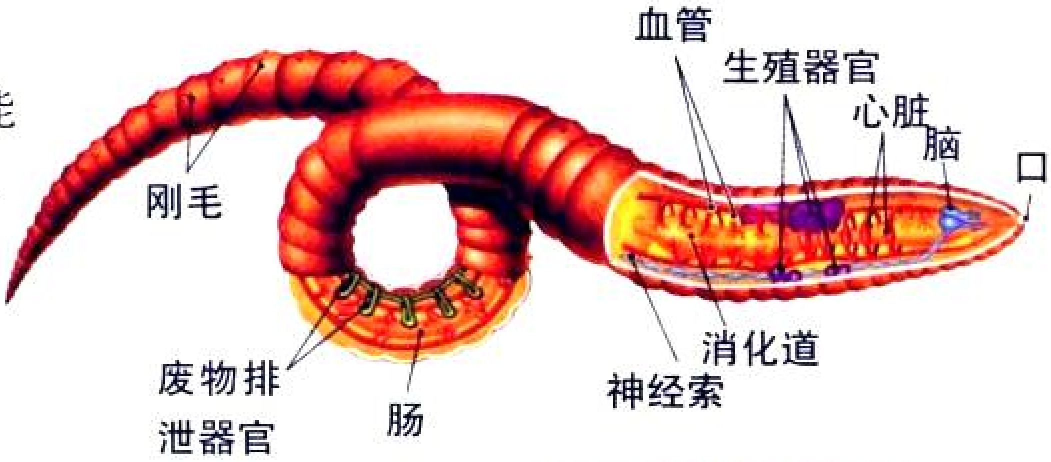
应用概念

应用概念(applying concept)技能就是要用有关某一情况的知识来理解另一种相似的情况。如果你能把原来的知识活用到另一种情况，这表明你已经真正理解了这个概念。在考试时，即使题目和原来课堂上讲的不完全一样，你也可以用这个技巧来应对自如。

活动 前面刚刚学过，如果把其他物质掺入水中，结冰就会需要更长的时间。请用这个原理来解释，为什么冬天人们要把一种称为“抗冻剂”的物质加入汽车散热器里。

理解图表

教科书中的图表、照片和地图能帮助你理解课文。这些插图形象地显示了某些过程、位置或者想法。**理解图表(interpreting illustration)**技能可以帮助你从这些视觉元素中学到知识。要理解一张插图，必须多花一些时间仔细看插图和附带的所有文字信息。插图的说明含有图中的重要概念。图注指出了图中的关键部分。而图例则说明了图中各种符号的含义。



▲ 蚯蚓的内部解剖结构

活动 仔细研究上图，然后写一段话来描述你从图中得到的信息。

因果推断

如果一个事件能导致另一个事件发生，那么就说这两者之间存在因果关系。**因果推断 (relating cause and effect)** 技能就是要判断两个事件之间是否存在因果关系。例如，如果你发现皮肤上起了一个红肿块并且发痒，你就可能推理出这是被蚊子叮咬的。蚊子叮咬是因，肿块是果。

但是有一点很重要——不能光凭两个事件一起发生，就判断它们之间存在因果关系。科学家会通过实验或者根据以往的经验，来判断因果关系是否存在。

活动 在野营时，你的手电筒突然不亮了。试列出手电筒失灵可能的原因。你怎样来判断是什么原因导致手电筒不亮的？

归纳

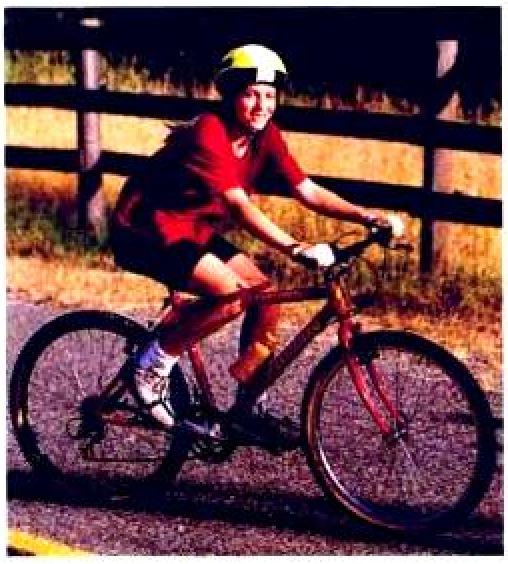
归纳 (making generalization) 是指根据局部信息来推断总体信息的技能。要做出正确的归纳，从总体中选出的样本就必须足够大而且具有代表性。你在买葡萄时就可以试着使用归纳技能。先拿几颗葡萄来尝一尝，如果都很甜，就能归纳出所有的葡萄都是甜的——这时就可以放心地买上一大串了。

活动 有一组科学家要判断某个大水库里的水是否可以安全饮用。这时可以应用归纳法吗？他们应该做些什么？

做出判断

做出判断(making judgment)就是评估某件事情的好坏对错的技能。例如，在你决定吃健康食品或在公园里捡起一张废纸时，就用到了判断。做出判断前，需要全面地考虑到事情的正面与反面，并明确自己持有什么样的价值观和标准。

活动 你认为儿童或青少年骑自行车时是否应该带头盔？为什么？



解决问题

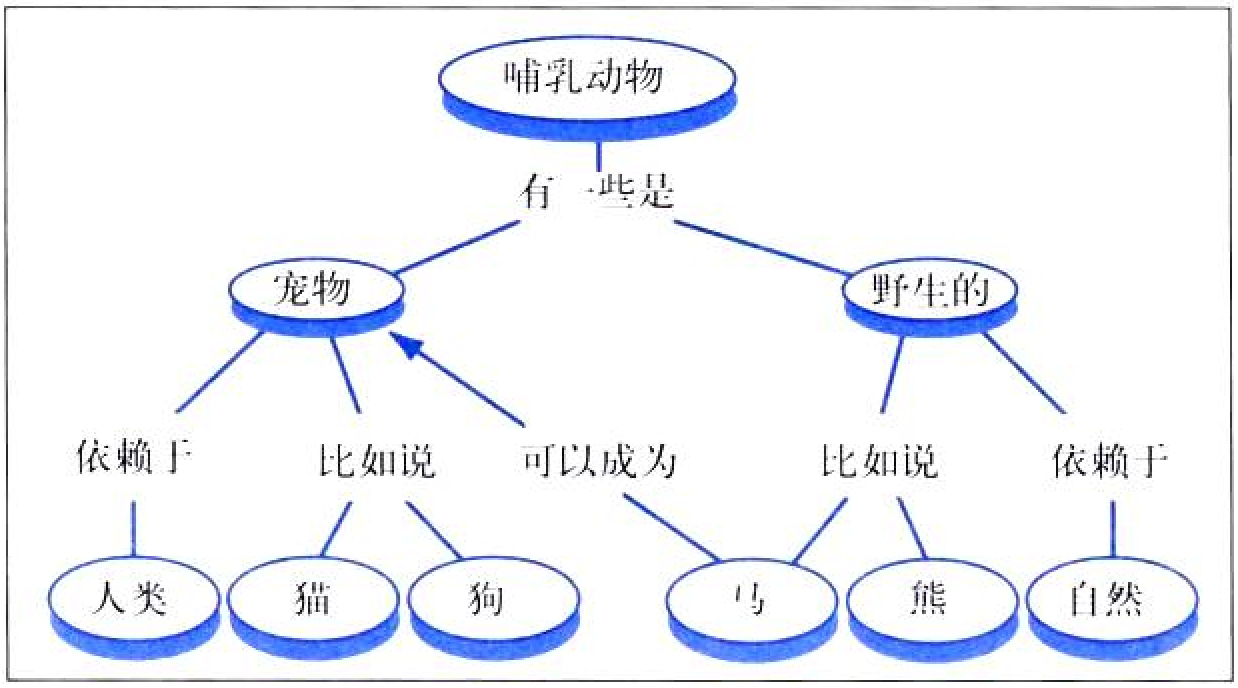
解决问题 (problem solving) 就是运用各种理性思维的技巧来解决事情或决定行动的技能。有一些问题简单而直接，比如把分数转化为小数。另一些问题更为复杂，比如弄清计算机为什么不能正常运行。解决某些问题可以用尝试法，即先尝试一种解决方案，如果不行，再试另一种。还有一些有用的解决策略，包括建立模型、和同伴一起商讨可行的办法等。

信息处理

在读这本书时，你怎么能够清楚地了解其中包含的全部信息呢？下面就介绍一些处理信息的实用工具。这是一些图表，它们能使你对某个主题产生一个形象的概念，并明了其中一些重要概念之间的关系。

概念图

概念图在对一些概念较多的主题进行整理时是十分有用的。它从总的概念出发，逐步展开，显示出大概念是如何被分解成一个个小概念的。这样整理之后，各个概念之间的关系就更清晰易懂了。



概念图是由写在圆圈中的概念(通常是名词)和连接它们的联系词构成的。最具概括性的概念常常位于图的顶端，越往下，概念的范围就越小。写在两个圆圈连线上的连接词通常用来描述两者之间的关系。一般要求在从上向下把概念——连接词——概念连起来时，读上去应该就像一句句子。

有些概念图还会用连接词来连接位于不同分支上的两个概念。这称为交叉连接。交叉连接显示了概念之间更为复杂的内在联系。

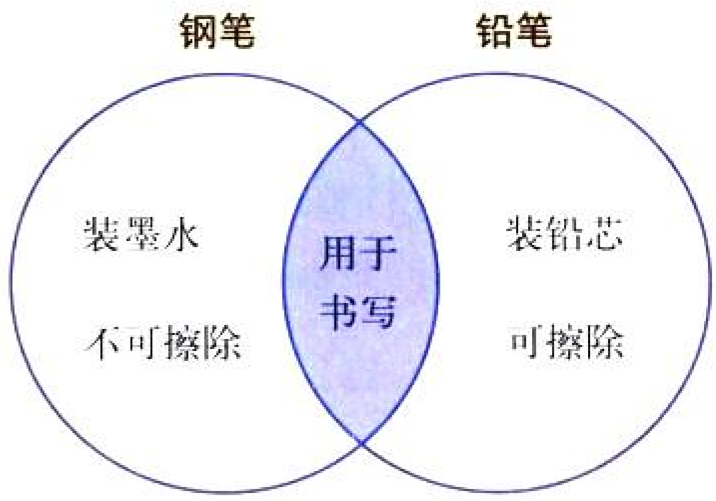
比较／对比表

比较／对比表是比较两种以上事物的异同点时很有用的工具。它能提供一个有序的框架，根据你所需要了解的特性对事物进行比较。

建立比较／对比表时，首先把要比较的事物列在表格的顶端。然后，把作比较所依据的特性列在左侧的一栏中。最后，把每件事物关于各个特性的信息填入相应的格子里。

特　性	棒　球	篮　球
队员人数	9	5
场地	棒球场(正方形)	篮球场(长方形)
设施装备	球棒，棒球，棒球手套	篮球架，篮球

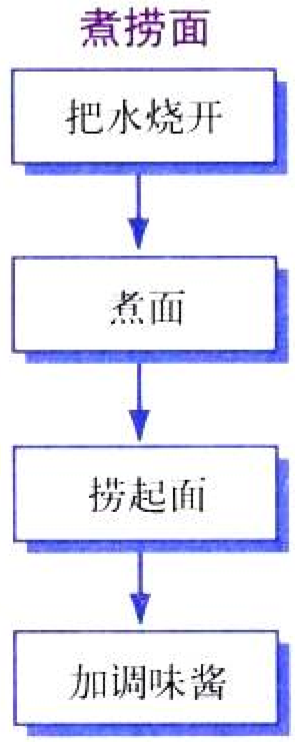
维恩图



维恩图是另一种用于显示事物异同点的方法。它由两个或两个以上互相部分重合的圆组成。每一个圆代表一个特定的概念或观点。概念之间的共同特征(相似点)写在两个圆重叠的区域内，独有的特征(不同点)则写在相应圆中重叠区域以外的部分。

建立维恩图时，首先画两个部分重合的圆。在每一个圆的上方注明它代表的事物。独有的特征写在重叠区以外，而共同的特征写在重叠区内。

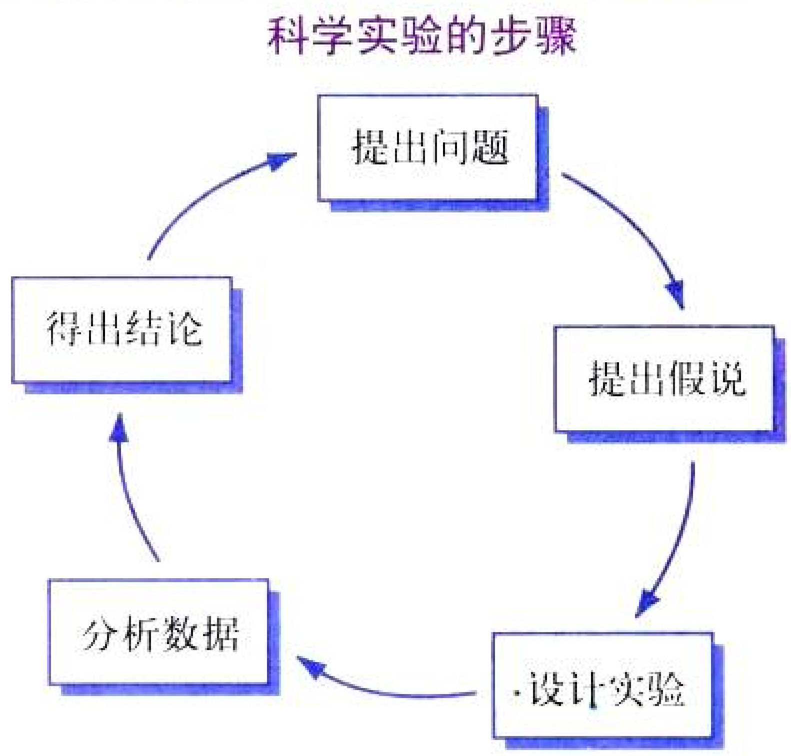
流程图



流程图能够帮助你理解某组事件是按照怎样的顺序发生的。它能有效地概括出某一过程的各个阶段，或某一程序的各个步骤。

建立流程图时，首先把每个事件简要地写在方框中。然后把最先发生的事件排在最上方，第二发生的事件排在其次，依此类推。最后，把各个事件依次用箭头连接起来。

循环图



循环图用来表示一系列连续循环发生的事件。连续就是指没有终点，因为当最后一个事件结束时，第一个事件又重新开始了。就像流程图一样，循环图也能帮你理解事件的先后顺序。

建立循环图时，首先把每个事件简要地写在方框中。把一个事件排在纸顶部的中间。然后，沿着一个假想圆圈的顺时针方向，按时间顺序依次排列各个事件。最后，把事件依次用箭头连起来形成一个连续的圆圈。

绘制图表

怎样才能使科学实验得到的数据变得有用？第一步就是要对数据进行整理，以便更好地理解它们的含义。图表就是这样一种有用的整理数据的工具。

记录表

在实验准备中，除了要收集好所需的材料以外，还必须设计好用什么方式来记录实验中将会发生的事情。创建一张记录表能帮助你有序地记录观察和测量结果。

例如，某位科学家要进行一项实验，来了解不同体重的人在做各种活动时会消耗多少热量。右边这张记录表就记录了他的结果。

30 分钟活动所消耗的热量(单位：焦)

体重／千克	实验 1: 骑自行车	实验 2: 打篮球	实验 3: 看电视
30	252	504	88
40	323	689	113
50	399	865	139
60	479	1 042	160

注意在这张记录表中，第一列是自变量(体重)，第二列至第四列分别是实验1到实验3的因变量(对于实验1，就是骑自行车时消耗的热量)。

柱形图

比较一个人在做不同活动时所消耗的热量差异可以用柱形图。柱形图用于显示一组不同项目的数据。在这个例子中，骑自行车、打篮球和看电视就是三个独立的项目。

建立柱形图时应遵循以下步骤：

1. 在作图纸上画一条水平线(x轴)和一条垂直线(y轴)。

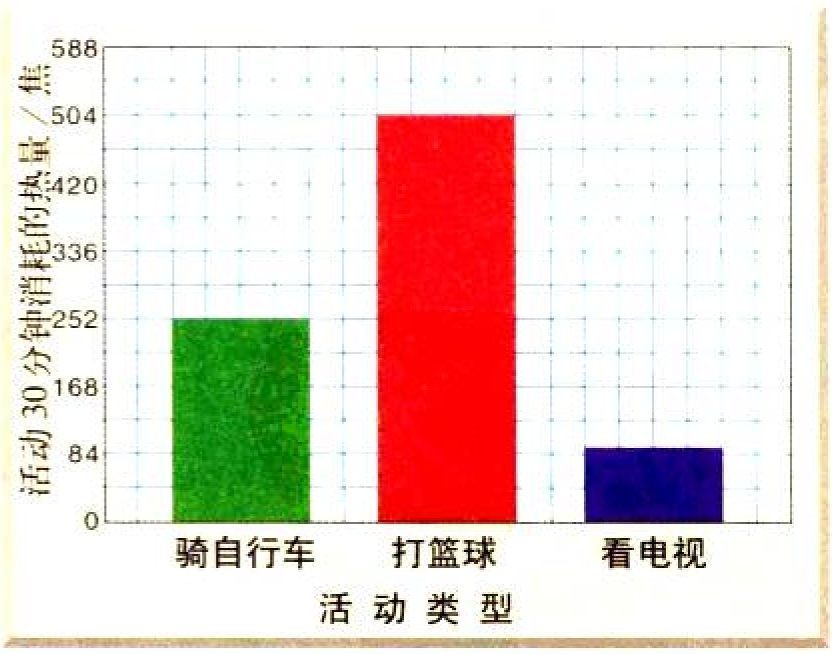
2. 沿x轴列出要作图的各个项目的名称，然后写上x轴的总称。

3. 给y轴写上应变量的名称，并注明单位。然后在y轴上标出刻度，注意单位数值的间距要相同，y轴数值范围要能包含所有的实验数据。

4. 给每一项画一个直条，以y轴上的刻度来决定所画直条的高度。例如，对骑自行车这项而言，就画一个和y轴上标有252焦刻度等高的直条。所有的直条宽度要相同，间距也要相等。

5. 最后给柱形图加上标题。

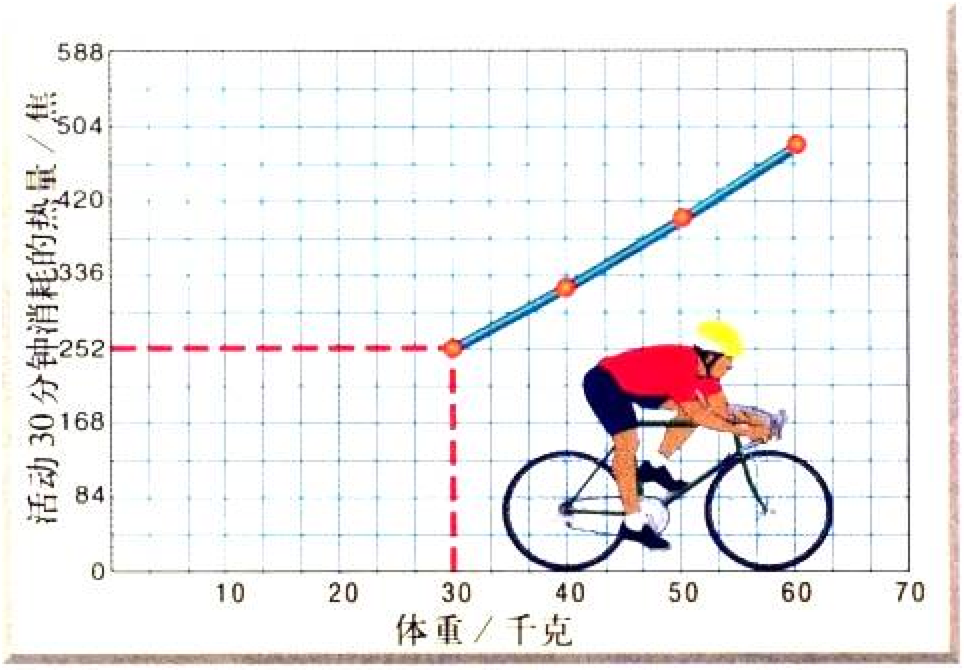
30 千克体重的人做不同活动时所消耗的热量



折线图

你可以用折线图来分析骑车时体重和消耗热量之间是否存在着联系。折线图能用来显示某一变量(因变量)是如何随着另一变量(自变量)而变化的。当自变量是连续性数据时，才能用折线图。所谓连续性数据，就是除了你所测量的点以外还存在其他的点。比如体重就是连续性数据，因为在30千克和40千克之间还有其他的体重值(如31千克)。还有时间也是连续性数据。

体重对骑自行车时热量消耗的影响



折线图是一种十分有用的工具，因为它还能用来预测一些实验中没有测量的数值。例如，可以用这张折线图来估计出，35千克重的人骑车时会消耗286焦的热量。

建立折线图时应该遵循以下步骤：

1. 在方格纸上画一条水平线(x轴)和一条垂直线(y轴)。

2. 给x轴标上自变量的名称，给y轴标上因变量的名称，并分别注明单位。

3. 然后在两条轴上分别标出刻度，注意单位数值的间距要相同，数值范围要能包含所有的实验数据。

4. 把每一个数据在图中所对应的点标出来。上图中的虚线显示出第一个数据点(30千克和252焦)的定位方法。首先经过水平轴上30千克那一点画一条假想的垂直线，再经过垂直轴上252焦那一点画一条假想的水平线。两条线的交点就是要找的数据点。

5. 用实线连结各个数据点。在某些情况下，可能需要画一条能反映数据的总趋势的直线，这条线应处于所有点的中间，使线上下方的点大致相同。

6. 最后给折线图加一个合适的标题，说明图中的变量及其关系。

活动 根据记录表中实验2、3的结果各画一张折线图。

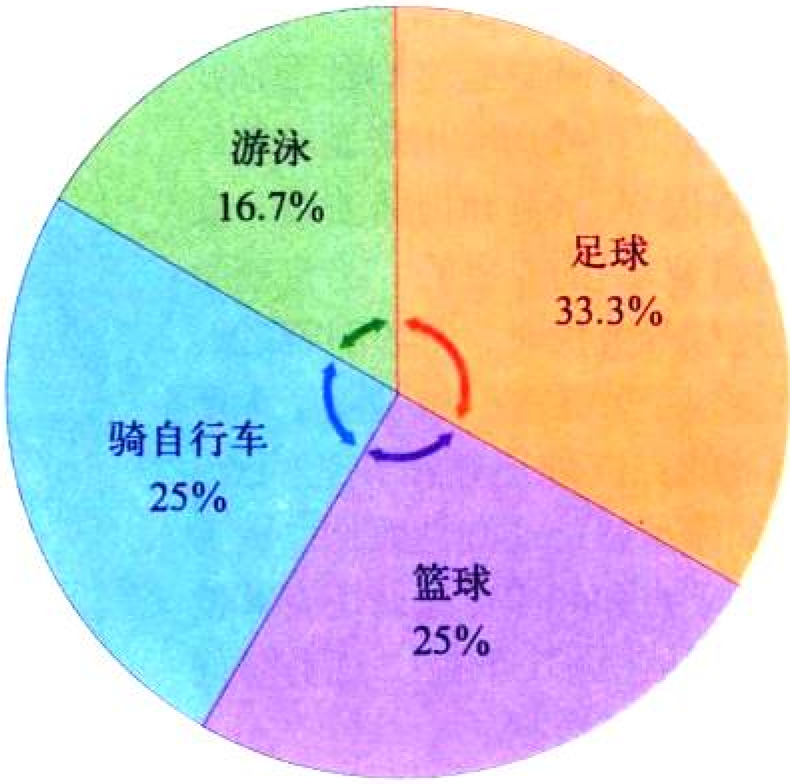
活动 报纸上有这样的消息：本地区6月份的总降水量为4厘米，7月份为2.5厘米，8月份为1.5厘米。你认为该用哪种图表来显示这些数据？自己动手在作图纸上把它画出来。

扇形图

像柱形图一样，扇形图也用来表示一组不同项目的数据。但和柱形图不同的是，扇形图只在各个项目的数据总和等于某一整体时才能使用。扇形图有时候也被称为饼图，因为它看上去像一个分成若干小块的饼。圆圈代表了整体，而各个小块则代表不同的项目。每一块的大小能显示出这个项目在整体中所占的百分比。

下面的记录表显示了一次调查活动的统计结果。这次调研向24名青少年了解什么是他们最喜欢的运动，然后用得到的数据创建了右边的扇形图。

青少年喜爱的运动



最喜爱的运动

运动	人数
足球	8
篮球	6
骑自行车	6
游泳	4

制作扇形图时应该遵循以下步骤：

1. 用圆规画一个圆，并标出圆心。然后从圆心竖直向上到圆周画一条直线。

2. 用下面公式来计算每一块"饼"的圆心角度数 x(注：一个圆的圆心角度数是360)。例如，要算出"足球"这一块的圆心角可以用以下公式：

$$\frac{\text{喜欢足球的学生数}}{\text{学生总数}} = \frac{x}{\text{整个圆的圆心角度数}}$$

$$\frac{8}{24} = \frac{x}{360}$$

用交叉相乘法解出 x。

$$24x = 8 \times 360$$

$$x = 120$$

所以"足球"这一块的圆心角度是120度。

3. 以刚才画的线为角的一边，以圆心为角的顶点，用量角器量出第一块"饼"的角度。然后画出角的另一边。

4. 按照这一方法继续画出其他的几块饼，测量角度时都从上一块的边开始，这样可以避免各个小块互相重叠。最后完成扇形图时，整个圆都应该被填满。

5. 然后计算每一块占整体的百分比。计算时，把每一块的圆心角度数除以整个圆的圆心角度数(360)，再乘以100%，就得到你所要的百分数。例如"足球"这一块可以这样计算：

$$\frac{120}{360} \times 100\% = 33.3\%$$

6. 再给每一块涂上不同的颜色，并标出它所代表项目的名称和所占的百分比。

7. 最后给扇形图加上标题。

活动 假设一个班级有28个人，12人乘车上学，10人步行，另6人骑自行车。试创建一张扇形图来显示这些数据。

实验室安全守则

警示性符号

下面这些符号会向你警示实验室中的潜在危险，并提醒你要小心操作。

护目镜 在使用化学药品、燃烧或加热，或在一些有可能打碎玻璃器皿的实验中应该戴好护目镜来保护眼睛。

实验服 应该穿好实验服，以避免你的皮肤和衣物受到损伤。

易碎 表示你要用到某些易碎的物品，比如玻璃容器、试管、温度计或漏斗等。使用易碎物品时要格外小心，不要碰玻璃碎片。

隔热手套 表示要使用隔热手套或其他护手用具来拿取很烫的物体。热电炉、热玻璃器皿或者热水会导致烫伤。切勿直接用手触摸烫的物体。

加热 表示可以用夹子或钳子拿取玻璃器皿加热，切勿用手直接触摸。

锐器 尖头剪刀、解剖刀、小刀、针、别针以及大头针都属于尖锐物体，容易割破或刺伤皮肤。不要把它们的尖端或者刀刃朝向自己和他人。严格按照实验要求来使用锐器。

电击 表示要避免可能遭到电击的情况。不要在水旁使用电器，也不要在电器或者手潮湿时使用。确定电线已经正确连接，并且不会绊倒别人。电器不用时要断开它的电源。

腐蚀性化学药品 表示你将会用到酸或其他腐蚀性的化学药品。尽量避免让它溅到皮肤、衣服上，或者眼睛里。不要吸入挥发出的气体。实验完毕后要洗手。

有毒物品 不要让任何有毒的化学品接触到皮肤，也不要吸入它所挥发出的气体。实验完毕后要洗手。

身体安全 如果有些实验需要你做一些运动，注意避免伤害自己和他人。所有活动都要在老师的指导下进行。如果有任何理由使你无法参加此项活动，一定要向老师提出。

动物安全 在对活动物进行操作时，要尽量当心，避免伤害到动物或你自己。处理动物标本或动物脏器时也要小心。实验结束后要洗手。

植物安全 在实验室或野外处理植物时，要遵从老师的指导。如果你对某种植物过敏，那么在做相应的实验之前要告诉老师。避免接触那些有害的植物，如毒常春藤、毒橡树、毒漆树，以及带荆棘的植物。实验结束后要洗手。

燃烧 表示你可能会通过煤气灯、蜡烛或火柴来使用火。把头发束紧，整理好衣服，避免被烧到。听从老师的指导来点燃或熄灭火。

禁火 表示周围可能存在易燃物品，注意不要有任何明火以及敞开的加热源。

气体 当实验中有可能产生有毒或者不良气体时，一定要在通风的环境下操作。避免直接吸入气体。只有当老师要求你闻某种气味时，才用招气入鼻法(用手把气体朝鼻子的方向扇)去闻。

废弃物处理 实验中用到的化学品和其他实验材料在废弃前要经过安全处理。根据老师的要求把它们放到指定位置。

洗手 结束实验后，要用抗菌肥皂彻底洗手，包括手背和手指间，最后用温水冲洗干净。

常用安全提醒 你以前可能看到过这个符号，它的意思是提醒注意，应该按符号后面的要求去做。

在本书中，当要求你设计实验时，也常出现这个符号，这是要你必须先征得老师同意后，才能进行实验。

实验室安全守则

为了帮助你了解如何在实验室中安全地进行实验操作，请阅读下列安全规定。要反复仔细地阅读这些规定，直到确信自己已完全理解并能遵守为止。如果有不懂的地方，可以请教老师。

穿着规定

1. 当使用化学物品、煤气灯、玻璃器皿或者其他可能伤害眼睛的物体时，一定要戴上护目镜保护眼睛。如果你戴了隐性眼镜，要向老师说明。
2. 当使用腐蚀性化学药品或者会染色的试剂时，要穿上实验用围裙或外套。
3. 把长发扎在脑后，避免碰到化学品、火焰或仪器。
4. 如果衣服的饰件或者首饰太长，垂下来时会碰到化学品、火焰或者仪器，请系紧或者摘除。把过长的衣袖卷起来，或用袖带固定。
5. 不能穿凉鞋或者拖鞋。

一般注意事项

6. 在开始实验以前，把步骤反复阅读几遍。注意遵守所有书面的和口头的提示。如果对实验的任何部分还有疑问，要向老师寻求帮助。
7. 不能未经老师分配任务或许可就开始进行实验。做自己设计的实验也要经过同意，在没有获得允许之前不准随意使用任何仪器。
8. 没有老师监督时不准进行任何实验。
9. 不准在实验室里吃东西或喝饮料。
10. 随时保持工作台的干净整洁。只能把笔记本、实验手册、实验记录本带进工作区。其他物品如钱包、背包都要放在指定地点。
11. 不得在实验室中喧闹。

急救

12. 在实验室中发生的事故或者伤害，不论多么小，都要向老师报告。如果发现着火要立即告诉老师。
13. 应学会处理发生的特殊意外。例如，酸溅入眼睛或弄到皮肤上时，应该立即用大量的水冲洗。
14. 要知道急救箱放置的地点，但是不要擅自使用。发生伤害时应该由老师来实施急救。老师也可以把你送到学校医务室，或者叫医生来。
15. 了解急救设施(如灭火器、灭火毯)的位置，并知道如何使用。
16. 熟悉最近的电话位置，并知道发生意外时该与谁联系。

加热及用火安全

17. 不要在未佩戴护目镜前使用蜡烛、酒精灯、电炉等热源。
18. 不要随便加热物体，因为常温下无害的化学品可能会在加热时造成危险(除老师要求)。
19. 所有易燃物品都应该远离火源。在易燃的化学药品旁切勿使用明火。
20. 不要把手伸入火中。
21. 使用酒精灯前，确信你已经知道如何像老师示范的那样正确点燃和调节火焰。不要用手直接碰煤气灯，因为它可能很烫。在无人看管时必须熄灭酒精灯。
22. 加热时化学药品可能会从试管中溅出，所以用试管加热物质时，试管口切勿朝向自己或他人。
23. 不要给密闭容器内的液体加热。因为急速膨胀的气体可能会使容器爆炸。
24. 取下一个加热过的容器前，可以先用手背凑近它，试试温度。如果手背感到灼热，说明容器还太烫，因此不能直接用手拿。这时可以戴隔热手套来拿。

化学药品的使用安全

25. 千万不可因为“好玩”而随意把化学药品混合。这样做可能容易产生引起爆炸的危险物质。

26. 不要把脸凑近装有化学药品的容器开口。不要摸、尝、闻某种化学品，除非老师要求你这样做。因为许多化学物质是有毒的。

27. 只使用实验所需的化学药品。取药品时要核对试剂瓶上的标签。要按所需的药品量来称取。用完后盖好瓶塞或瓶盖。

28. 根据老师的指导处理用过的化学药品。为防止污染，不要把取出药品放入原来的瓶中。不要随意把化学品倒进水槽或废物箱里。

29. 处理酸和碱时尤其要小心。把它们倒在水槽或指定的容器中，注意不要溅到实验台上。

30. 如果要求你辨别气味，要用招气入鼻法，切勿凑到容器开口上方直接闻。

31. 当把酸和水混和时，注意要先把水倒入容器，然后再缓慢地把酸加入水中。千万不要把水倒入酸里。

32. 在实验室中要特别注意，不要把物品洒到外面。如果有化学试剂溅出来要立即用大量的水冲洗。如果酸溅到皮肤或者衣服上必须马上用大量的水冲洗，同时向老师报告是否还有其他的地方被溅到。

玻璃器皿的使用安全

33. 不要将玻璃管或温度计强行塞入橡皮塞或者橡皮管中。如果实验需要，可以让老师帮助把玻璃管或者温度计塞好。

34. 在用煤气灯加热时，使用石棉网来避免玻璃器皿与火焰直接接触。不要加热外表还不完全干燥的玻璃器皿。

35. 要记住，烫的玻璃器皿看上去就和冷的一样。千万不要在没有试过温度之前贸然用手去拿。必要时使用隔热手套。参见第 24 条规定。

36. 不要使用已经破裂或有缺口的玻璃器皿。如果发现玻璃器皿有损坏，要向老师报告，然后把它扔到指定的回收箱中。

37. 不要用实验室的玻璃器皿装食物。

38. 归还玻璃器皿之前要彻底洗干净器皿。

锐器的使用

39. 使用解剖刀或其他尖锐物品时要特别小心。切东西的时候刀口不要朝向自己。

40. 如果在实验室里划破了皮肤要马上向老师汇报。

动植物安全

41. 不准进行会引起哺乳动物、鸟类、爬行动物、鱼类和两栖动物痛苦、不适或伤害的实验。这个原则在家里和在学校都同样适用。

42. 只有绝对必要时才使用动物进行实验。老师会指导你如何处理带入实验室的每一种动物。

43. 如果你知道自己对某种植物、霉菌或动物过敏，那么在相应的实验开始之前就要向老师说明。

44. 在野外工作时，要穿好长袖衣服、长裤、袜子和鞋子，以保护自己的皮肤少受伤害。要学会辨认当地有毒的植物、真菌以及带刺的植物，尽量避免接触它们。

45. 不要吃任何不认识的植物和真菌。

46. 接触过动物或者饲养动物的笼子之后要彻底洗手。如果实验涉及动物脏器、植物、泥土，结束后也要洗手。

实验结束规定

47. 实验完成后，把工作台整理干净，所有仪器归还到指定位置。

48. 按老师的要求处理废物。

49. 每一次实验结束都要洗手。

50. 所有的加热器和电炉不用时都应关上。拔掉电炉等电器的插头；如果使用的是煤气灯，要检查煤气管道的开关是否关闭。

索 引

G

H

J

K

L

M

V

W

X

Y

Z

致 谢

Illustration

Kathleen Dempsey: 17, 25, 34, 46, 56, 82, 118T, 126
John Edwards&Associates: 22, 23T, 31, 44, 86, 87, 91, 95, 107
GeoSystems Global Corporation: 15, 23B, 24, 55, 58, 59, 75T, 77, 90, 98
Andrea Golden: 8T, 11B, 151
Martucci Design: 30, 50
Morgan Cain&Associates: 33, 50, 52-53, 66, 68, 69, 75B, 88, 99, 120, 122, 123, 124
Matt Mayerchak: 36, 62, 102, 142, 143
Ortelius Design Inc: 20, 21, 136
Matthew Pippin: 51, 78-79, 92-93
Walter Stuart: 11T, 8-9
J/B Woolsey Associates:42, 73, 111, 114, 117, 118B, 132-135

Photography

Photo Research Paula Wehde
Cover image David Muench Photography

Nature of Science

Page 8. University of Wyoming Public Relations;10 both Courtesy of Kelli Trujillo;

Chapter 1

Pages12-13, Tom Bean; **14,** The Granger Collection,NY; **16t,** Corbis; **16b,** David Muench Photography; **18,** ESA/PLI/The Stock Market; **19 both,** Russ Lappa; **20t,** Public domain; **20b,** The Granger Collection,NY; **21t,br,** TheGranger Collection,NY; **21bl,** British Library,London/Bridgeman Art Library,London/Superstock; **26t,** Russ Lappa; **26b, 27 both,** Earth Satellite Corporation/SciencePhoto Library/Photo Researchers; **28tl,** Geographix; **28tr,** iStockphoto; **29t,** Richard Haynes; **29b,** Robert Rathe/Stock Boston; **31,** Paul Rezendes; **32,** U.S.Geological Survey; **33t,** Ken M.Johns/Photo Researchers; **34,** RichardHaynes; **35,** ESA/PLI/The Stock Market; **37,** U.S.Geological Survey.

Chapter 2

Pages 38-39, Mike Mazzaschi/Stock Boston; **40,** Russ Lappa; **41l,** RonWatts/Westlight; **41r,** Jerry D.Greer; **42l,** Breck P.Kent/Animals Animals/EarthScenes; **42r,** Susan Rayfield/Photo Researchers; **43l,**iStockphoto; **43m,** E.R.Degginger/Photo Researchers; **43r,** Mechanical weathering-Abrasion/Dreamstime; **45t,** Chromosohm/Sohm/Photo Researchers; **45b,** Breck.P.Kent/AnimalsAnimals/Earth Scenes; **47,** Richard Haynes; **48,** John G.Ross/Photo Researchers; **49t,** Richeard Haynes; **49b,** In-house; **54,** J.M.Labat/Jacana/PhotoResearchers; **56,** Richard T.Nowitz/Photo Researchers; **57t,** Richard Haynes; **57b,** Jim Brandenbug/Minden Pictures; 58, Corbis; **59,** AP/Wide World Photos; **60t,** LarryLefever/Grant Heilman Photography; **60b,** Jim Strawser/Grant Heliman Photography; **61t,** John G.Ross/Photo Researchers; **61b,** Ron Watts/Westlight.

Chapter 3

Pages 64-65&66, Jim Steinberg/Photo Researchers; **67,** Paul Sequeira/PhotoResearchers; **68t,** Corbis; **68b,** Thomas G..Rampton/Grant Heilman Photography; **69,** Steven Holt; **70-71,** Richard Haynes; **72.** Photo Disc; **72-73.** Walter Bibikow/The Viesti Collection; **73t,** Runk Schoenberger/Grant Heilman Photography; **74,** Inga Spence/Tom Stack&Associates; **75,** DavidBall/The Stock Market; **76l,** Glenn.M.Oliver/Visuals Unlimited; **76r,** Science photo Library; **77t,** E.R.Degginger; **77b,** NASA/SADO/Tom Stack&Associates; **80,**Fotolia; **81,** Panorama Stock; **82,** RussLappa; **83,** Richard Haynes; **84,** Doug McKay/TSI; **85t,** Richard Haynes; **85b,** EliotCohen; **89t,** Richard Haynes; **89b,** Mark Kelley/Stock Boston; **91,** Grant Heliman Photography; **94,** Craig Tuttle/The Stock Market; **96,** Randy Wells/TSI; **97,** Science Photo Library; **98t,** Richard Haynes; **98b,** Jess Stock/TSI; **99,** Breck P.Kent; **100,** Connie Toops; **101,** Craig Tuttle/The Stock Market.

Chapter 4

Pages 104-105, Corbis; **106t,** iStockphoto; **106b,** Flowers & Newman/Photo Researchers; **107,** Francois Gohier/Photo Researchers; **108 both.** Runk/Schoenberger/Grant Heilman Photography; **109t,** Brecj P.Kent; **109b,** Tom Bean; **110,** Howard Grey/TSI; **111tl,** Khalid Ghani/Animals Animals; **11tr,** Frans Lanting/Minden Pictures; **111mr,** Corbis; **111bl,** John Sibbick; **112,** Sinclair Stammers/Science Photo Library/Photo Researchers; **113,** Richard Haynes; **114,** Jeff Greenberg/Photo Researchers; **115l,** Science Photo Library; **115r,** iStockphoto; **116l,** G.R.Roberts/Photo Researchers; **116r,** Tom Bean; **116b,** Breck P.Kent; **119,** Mitsuaki Iwago/Minden Pictures; **121,** James King-Hoimes/Science Photo Library/Photo Researchers; **125t,** Fietcher&Baylis/Photo Researchers; **125 inset,** Science Photo Library; **127,** Richard Haynes; **128l,** Breck P.Kent; **128r.** Runk/Schoenberger/Grant Heliman Photography; **129r,** iStockphoto; **129l, 130,** John Sibbick; **131t,** @The Fied Museum,Neg.#CSGEO 75400c; **131b,** Science Photo Library; **137,** Dreamstime; **138l,** Jane Buton/Bruce Coleman; **138r,** David M.Dennis/Tom Stock &Associates; **139t,** D.Van Ravenswaay/Photo Researchers; **139b,** C.M.Dixon; **140,** John Reader/Science Photo Library/Photo Researchers, **141,** Tom Bean.

Interdisciplinary Exploration

Page 144t, Robert Caputo/Stock Boston; **144-145b,** David Sanger Photography; **145l,** Brian Braker/Photo Researchers; **146,** NASA; **147,** Groenendyk/Photo Researchers; **148-149b,** Thomas J.Abercrombie/National Geographic Society; **148 Inset,** Robert Caouto/Stock Boston; **149t,** Robert Caputo/Stock Boston; **150,** David Ball/The Picture Cube; **151,** Richard Haynes.

Skills Handbook

Page 152, Mike Moreiand/Photo Network, **153t,** Foodpix; **153m,** Richard Haynes; **153b,** Russ Lappa; **156,** Richard Haynes; **158,** Ron Kimball; **159,** Renee Lynn/Photo Researchers.